



Filipa Andreia Ribeiro Água-Mel

Licenciatura em Ciências da Engenharia Química e
Bioquímica

Estudo da Desgomagem e Implicações no Teor de Óleo Residual nas Farinhas de Soja

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Engenheiro Carlos Soares, Responsável da
Extração, Sovena *Oilseeds* Portugal, S.A.

Co-orientadora: Engenheira Ana Marques, Responsável
da Qualidade, Sovena *Oilseeds* Portugal, S.A.

Co-orientador: Professor Doutor Pedro Miguel Calado
Simões, Professor Auxiliar, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Professor Doutor Mário Fernando José Eusébio

Arguente: Doutor Alexandre Babo de Almeida Paiva

Vogal: Engenheiro Carlos Marcelino Soares



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2015

Filipa Andreia Ribeiro Água-Mel

Licenciatura em Ciências da Engenharia Química e
Bioquímica

**Estudo da Desgomagem e Implicações
no Teor de Óleo Residual nas Farinhas
de Soja**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Engenheiro Carlos Soares, Responsável da
Extração, Sovena *Oilseeds* Portugal, S.A.

Co-orientador: Engenheira Ana Marques, Responsável
da Qualidade, Sovena *Oilseeds* Portugal, S.A.

Co-orientador: Professor Doutor Pedro Miguel Calado
Simões, Professor Auxiliar, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Professor Doutor Mário Fernando José Eusébio

Arguente: Doutor Alexandre Babo de Almeida Paiva

Vogal: Engenheiro Carlos Marcelino Soares

Setembro, 2015

Estudo da Desgomagem e Implicações no Teor de Óleo Residual nas Farinhas de Soja

Copyright © Filipa Andreia Ribeiro Água-Mel, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer, à Engenheira Lina Dionísio, diretora fabril da Sovena *Oilseeds* Portugal S.A. a grande oportunidade que me deram e que permitiu aliar os conhecimentos adquiridos ao longo dos anos a uma experiência profissional. Gostaria ainda de agradecer, a oportunidade de realizar o estágio para realização da minha dissertação de mestrado, na empresa o que me possibilitou estar em contato direto com a indústria.

Ao meu orientador, Engenheiro Carlos Soares, todas as oportunidades de aprendizagem que me proporcionou ao longo do estágio na Sovena. Os conhecimentos e dedicação que coloca ao serviço da empresa são sem dúvida modelo para todos os trabalhadores e em especial para mim. Agradecer ainda, toda a sua disposição para esclarecimento de qualquer tipo de dúvida e para me ajudar sempre que preciso.

À minha coorientadora, Engenheira Ana Marques, a integração que me proporcionou desde o primeiro dia, o à vontade com que me colocou em todas as situações tornando-se a pessoa a recorrer quando surgem imprevistos. Por toda a calma e ânimo transmitido ao longo do estágio, bem como toda a ajuda desde a recolha de amostras até à escrita da própria tese.

Ao Professor Pedro Simões, agradecer por toda a orientação e ajuda dada ao longo do estágio. Um especial agradecimento pela confiança que depositou em mim e por ter sido o meu elo de ligação entre aquilo que é a teoria e prática.

Ao Engenheiro Fernando Paiva por todas as visitas às fábricas, explicações detalhadas sobre os processos e por todos os conhecimentos transmitidos que foram fundamentais para o entendimento dos processos. Agradecer ainda, a sua boa disposição, alegria e entusiasmo com que todos os dias chega e nos mostra quão bom é trabalhar num sítio que consideramos a nossa própria casa.

À Engenheira Hermínia Lopes por todo o apoio e ensinamentos transmitidos ao longo da minha passagem no laboratório e por se mostrar sempre disponível para esclarecer todas as minhas dúvidas.

A todas as pessoas que durante estes meses acompanharam o meu trabalho no laboratório, Teresa Almeida, Margarida Alves, Sandra Neves e Manuela Santos, o meu grande obrigada pela integração fantástica, por toda a ajuda que sempre me deram e pelos conhecimentos que me transmitiram. Foi sem dúvida uma experiência profissional que nunca esquecerei e isso deve-se em grande parte a todas vós, que todos os dias me mostraram como é bom trabalhar rodeada por uma equipa de amigas fantásticas. Agradecer ainda ao meu colega João Damião, que realizou o seu estágio na empresa ao mesmo tempo que eu, pela amizade e animação que sempre transmitiu.

A todos os encarregados de turno, os senhores Albertino Marques, Francisco Jacinto, Orlando Andrez e Paulo Mourão, por terem sido incansáveis e sempre me terem acompanhado em todas as recolhas com um sorriso na cara e boa disposição de espírito. Agradecer ainda por todos ensinamentos que me transmitiram sobre processo e equipamentos da instalação que me ajudaram a consolidar toda a teoria.

Um agradecimento especial, a todos os restantes colaboradores da Sovena que todos os dias me receberam com alegria e amizade e me integraram como fazendo parte de toda a equipa.

A todos os meus amigos que me acompanharam e apoiaram, não só ao longo deste projeto mas ao longo da minha passagem pela FCT, um agradecimento muito especial pelo companheirismo, amizade e por fazerem desta a minha casa durante cinco anos. Obrigada por me terem feito crescer e aprender todos os dias sempre com um sorriso na cara.

Por último mas não menos importante, a toda a minha família e em especial à minha mãe um obrigada do fundo do coração por ter tornado estes cinco anos no ensino superior uma realidade, apoiando-me sempre e em todas as circunstâncias de uma maneira que só ela sabe fazer.

A todos, muito obrigada!

Resumo

A presente dissertação tem como objetivo a realização de um estudo sobre a etapa de desgomagem no processo de extração de soja da Sovena *Oilseeds* Portugal, com especial interesse nas suas implicações no teor de óleo residual na farinha e teor de fósforo no óleo cru. Para tal, foi necessário obter um conhecimento detalhado sobre as etapas de preparação e extração, conhecer os parâmetros que podem influenciar a etapa de desgomagem e caracterizar os seguintes produtos: óleo cru, lecitinas e farinha.

Foram realizados ensaios atribuindo valores baixos e elevados aos parâmetros identificados: temperatura (T e T+4%), contrapressão (P e P+25%) e caudal de água adicionado (W e W+25%). De modo a monitorizar a sua influência, foram realizadas análises laboratoriais para determinação de teor de humidade e fósforo no óleo e teor humidade e gordura nas lecitinas e farinha.

Nestas gamas de trabalho, as condições processuais a aplicar de modo a reduzir o teor de gordura residual na farinha e um teor de fósforo no óleo desgomado inferior ao especificado partindo de um óleo não desgomado com baixo teor de fósforo são: caudal de água W, contrapressão nas centrífugas P e temperatura T+4%. Para óleo não desgomado, com teor de fósforo elevado, as condições a aplicar devem ser: caudal de água igual a W+25% contrapressão de P+25% nas centrífugas e temperatura de T+4%.

Concluiu-se também que a diminuição da velocidade do extrator não é suficiente para colmatar o aumento do defeito de preparação. Caso este seja constante, a velocidade do extrator deve ser inferior a V_2 de modo a obter uma extração mais eficaz bem como um teor residual de gordura na farinha à saída do extrator dentro dos parâmetros estabelecidos pela empresa.

Palavras-Chave: desgomagem, farinha, fósforo, gordura residual, lecitina, óleo cru.

Abstract

The thesis' aim is to carry out a study on the degumming step in the process of extracting soy at Sovena Oilseeds Portugal, with special interest in its implications on the residual oil content in meal and phosphorus content in crude oil. In order to do so, it was necessary to obtain a detailed knowledge of the preparation and extraction stages, as well as an understanding of the parameters that can influence the degumming step and the characterization of the following products: crude oil, lecithin and meal.

Assays were performed by assigning certain values to the following parameters: temperature (T and T+4%), pressure (P and P+25%) and the rate of added water flow (W and W+25%). In order to monitor their influence, laboratory testing for the determination of the humidity and phosphorus content in the oil and humidity and oil in lecithin and meal was carried out.

Considering the above requirements, the conditions that must be applied to the process in order to reduce the residual oil content in the meal and reduce the phosphorus content of the degummed oil to unless specified from an initial oil, non-degummed, with a low phosphorus content are: W added water, P of centrifugal pressure and a temperature of T+4%. For a non-degummed oil, with a phosphorus high content, the conditions that must be applied are: W+25% of added water, P+25% of centrifugal pressure and a temperature of T+4%.

It is possible to conclude that decreasing the speed extractor is not enough to make up for an increase in the manufacturing defect. If the latter is constant, the speed of the extractor must be equal to or below V_2 in order to obtain a more efficient extraction and so that the extractor delivers a meal with residual oil that is within the parameters established by the company.

Keywords: degumming, meal, phosphorus, residual oil, lecithin, crude oil.

Índice de Matérias

| | |
|--|----|
| 1. Introdução..... | 1 |
| 1.1. Sovena <i>Oilseeds</i> Portugal S.A..... | 1 |
| 1.1.1. Apresentação Geral | 1 |
| 1.1.2. Unidade de Preparação e Extração de Soja..... | 2 |
| 1.1.3. Desgomagem | 8 |
| 1.2. Soja | 17 |
| 1.2.1. Botânica da Planta | 17 |
| 1.2.2. História | 19 |
| 1.2.3. Aplicações | 21 |
| 1.2.4. Óleo de Soja..... | 22 |
| 1.2.6. Lecitina | 25 |
| 2. Materiais e Métodos | 27 |
| 2.1. Óleo Cru | 28 |
| 2.1.1. Teor de Humidade..... | 28 |
| 2.1.2. Teor de Fósforo..... | 29 |
| 2.2. Lecitina | 30 |
| 2.2.1. Teor de Humidade..... | 30 |
| 2.2.2. Teor de Gordura..... | 31 |
| 2.3. Farinha | 33 |
| 2.3.1. Teor de Humidade na FE | 33 |
| 2.3.2. Teor de Humidade na F | 33 |
| 2.3.3. Teor de Gordura | 34 |
| 2.4. Miscela | 35 |
| 2.4.1. Teor de Óleo..... | 35 |
| 3. Apresentação e Discussão de Resultados | 37 |
| 3.1. Óleo Cru | 38 |
| 3.1.1. Teor de Humidade no OSF | 38 |
| 3.1.2. Teor de Fósforo..... | 40 |
| 3.1.3. Eficiência da Desgomagem..... | 41 |
| 3.2. Lecitina | 44 |
| 3.2.1. Teor de Humidade..... | 44 |
| 3.2.2. Teor de Gordura..... | 45 |
| 3.2.3. Caudal das Lecitinas | 47 |
| 3.3. Farinha | 48 |
| 3.3.1. Teor de Humidade na FE | 48 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 3.3.2. Teor de Humidade na F | 49 |
| 3.3.3. Teor de Gordura na FE | 52 |
| 3.3.4 Teor de Gordura na F..... | 53 |
| 3.4. Miscela | 57 |
| 3.4.1 Teor de Óleo..... | 57 |
| 4. Conclusões | 61 |
| 5. Sugestões de Estudos Futuros | 63 |
| 6. Referências Bibliográficas | 65 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 - Great Wealth, Navio Graneleiro a Descarregar Semente no Terminal Portuário da Sovena [3]. | 1 |
| Figura 1.2 - Refinaria Alimentar e Fábrica de Produção de Biodiesel [5]. | 2 |
| Figura 1.3 - Diagrama Processual da Unidade de Extração do Óleo de Soja [6]. | 3 |
| Figura 1.4 - LM™ Extractor [7]. | 5 |
| Figura 1.5 - Centrífuga de Discos [8]. | 6 |
| Figura 1.6 - Desolventiser-Toaster-Dryer-Cooler [9]. | 7 |
| Figura 1.7 - Processo de Desgomagem Aquosa da Alfa Laval [13]. | 9 |
| Figura 1.8 - Processo de Condicionamento Ácido da Alfa Laval [13]. | 10 |
| Figura 1.9 - Processo de Desgomagem Ácida da Alfa Laval [15]. | 11 |
| Figura 1.10 - Diagrama Simplificado da Etapa de Desgomagem da Sovena Fábrica II com os Pontos de Recolha Assinalados para os Óleos e Lecitinas. | 15 |
| Figura 1.11 - Sementes de Soja [20]. | 17 |
| Figura 1.12 - Planta de Soja [22]. | 18 |
| Figura 1.13 - Classificação Científica da Espécie Glycine max (L.) Merrill [24]. | 19 |
| Figura 1.14 - Produção Mundial de Soja e Maiores Produtores de Soja 2014/2015 [25]. | 19 |
| Figura 1.15 - Evolução da Produção Mundial e dos Maiores Produtores de 2011-2014 e Projeção para 2015 [25]. | 21 |
| Figura 1.16 - Aplicações da Semente de Soja. Fonte: Soy Applications in Food [37]. | 22 |
| Figura 1.17 - Identificação da Zona Polar e Apolar de um Fosfatídeo. | 24 |
| Figura 1.18 - Formação de um Triglicerídeo [47]. | 24 |
| Figura 2.1 - Organograma com os Parâmetros e Condições Experimentais Estabelecidas em Cada uma das Recolha. | 27 |
| Figura 3.1 - Teor de Humidade no OSF (%). | 38 |
| Figura 3.2 - Relação entre o Teor de Humidade no OSF e a Percentagem de Água Adicionada. | 38 |
| Figura 3.3 - Relação entre o Teor de Humidade no ODC e a Percentagem de Água Adicionada. | 39 |
| Figura 3.4 - Teor de Fósforo no OND, ODC e OSF (ppm). | 40 |
| Figura 3.5 - Relação entre o Teor de Fósforo no OSF e a Percentagem de Água Adicionada. | 41 |
| Figura 3.6 - Eficiência da Etapa de Desgomagem (%). | 43 |
| Figura 3.7 - Relação entre a Eficiência da Desgomagem e a Percentagem de Água. | 44 |
| Figura 3.8 - Teor de Humidade na LC (%). | 45 |
| Figura 3.9 - Teor de Gordura na LC (%). | 46 |
| Figura 3.10 - Relação entre o Teor de Gordura na LC e a Temperatura do OND. | 46 |
| Figura 3.11 - Caudal de Lecitinas à Saída das Duas Centrífugas (Kg/h). | 47 |
| Figura 3.12 - Relação entre o Caudal de LC e a Percentagem de Água Adicionada. | 48 |
| Figura 3.13 - Teor de Humidade na FE (%). | 49 |
| Figura 3.14 - Teor de Humidade na F (%). | 50 |
| Figura 3.15 - Variação do Teor de Humidade nas Farinhas desde o extrator ao DTDC. | 51 |
| Figura 3.16 - Relação entre o Teor de Humidade na F e o Teor de Humidade na LC. | 51 |
| Figura 3.17 - Relação entre o Teor de Humidade na F e o Caudal de LC. | 52 |
| Figura 3.18 - Teor de Gordura na FE (%). | 52 |
| Figura 3.19 - Relação entre o Teor de Gordura na FE e a Velocidade do Extrator. | 53 |
| Figura 3.20 - Teor de Gordura na F (%). | 54 |
| Figura 3.21 - Variação do Teor de Gordura nas Farinhas desde o extrator ao DTDC. | 55 |
| Figura 3.22 - Curva de Teor de Óleo Presente na Miscela à Saída de Cada uma das Bombas em Funcionamento do Extrator a uma Velocidade de V_2 , V_3 e V_4 (%). | 58 |
| Figura 3.23 - Aumento da Curva de Teor de Óleo Presente na Miscela à Saída das Últimas Bombas Extrator (%). | 59 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1 - Parâmetros a Calibrar no Equipamento [37]. | 29 |
| Tabela 3.1 – Códigos e Parâmetros Processuais Aplicados na Unidade de Extração de Soja na Fábrica II. | 37 |
| Tabela 3.2 – Redução do Teor de Fósforo Obtido para os Diferentes Tipos de Óleo Cru (%). | 41 |
| Tabela 3.3 - Taxa Relativa de Hidratação para Exemplos de Fosfolípidos a 80 °C [61]. | 42 |
| Tabela 3.4 - Resultados Obtidos na Monitorização da Etapa de Desgomagem. | 43 |
| Tabela 3.5 – Incremento de Gordura Adicionado na F Através da Adição de Lecitinas no DTDC. | 55 |
| Tabela 3.6 - Condições Operacionais que Causam um Aumento no Teor de Gordura na F Através da Incorporação de Lecitinas. | 55 |
| Tabela 3.7 - Condições Operacionais que Não Causam um Aumento no Teor de Gordura na F Através da Incorporação de Lecitinas. | 56 |
| Tabela 3.8 - Condições Operacionais e Respetivos Resultados de Teor de Fósforo no OND e OSF e Teor de Gordura de F. | 56 |

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

AOCS – *American Oil Chemists' Society* (Sociedade Americana de Químicos de Óleo)

bar – Bar (es)

cm – Centímetro (s)

cTs – Centistokes

DTDC - *Desolventizer Toaster Dryer Cooler* (Dessolventizador Tostador Secador Arrefecedor)

EN – *European Norm* (Norma Europeia)

EUA – Estados Unidos da América

F44 – Farinha 44 à Saída do *DTDC*

F44E – Farinha 44 à Saída do Extrator

F47,5 – Farinha 47,5 à Saída do *DTDC*

F47,5E – Farinha 47,5 à Saída do Extrator

g – Grama (s)

IA. – Instrução de Análise

ICP (ou ICP-MS)– *Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy* (Espetroscopia de Emissão Atômica por Plasma)

IN (in) – *Inch* (polegada)

KF – Karl Fischer

Kg – Quilograma (s)

LC – Lecitinas à Saída de Ambas as Centrífugas

LC1 – Lecitina à Saída da Centrífuga 518/1

LC2 - Lecitina à Saída da Centrífuga 518/2

mbar – Milibar (es)

ml – Mililitro (s)

mm – Milímetro (s)

ODC - Óleo Desgomado à Saída de Ambas as Centrífugas

ODC1 – Óleo Desgomado à Saída da Centrífuga 518/1

ODC2 – Óleo Desgomado à Saída da Centrífuga 518/2

OND – Óleo Não Desgomado

OSF – Óleo à Saída da Fábrica de Extração

PA – *Phosphatidic Acid* (Ácido Fosfatídico)

PC – *Phosphatidylcholine* (Fosfatidicolina)

PE – *Phosphatidylethanolamine* (Fosfatidiletanolamina)

PI – *Phosphatidylinositol* (Fosfatidilinositol)

ppm – Partes por milhão

prEN –Preliminary European Norm (Norma Europeia Preliminar)

rpm – Rotações por minuto

s – Segundo (s)

S.A. – Sociedade Anónima

TGA - *Thermogravimetric Analyzer* (Analisador Termogravimétrico)

W – *Watt* (s)

µl – Microlitro (s)

™ – *Trade Mark* (Marca Registada)

% - Percentagem (ns)

Objetivos do Estudo

Um dos objetivos da presente dissertação foi a realização de um estudo sobre a etapa da desgomagem no processo de extração de soja, existente na Fábrica II da Sovena *Oilseeds* Portugal S.A. bem como as suas implicações, no teor de óleo residual na farinha e no teor de fósforo no óleo cru. Particularmente, identificar e estabelecer parâmetros operacionais na unidade fabril de modo a alcançar uma conclusão causa-efeito em relação ao teor de óleo residual na farinha incrementado graças às lecitinas adicionadas.

Consequentemente, sugerir hipóteses de otimização devidamente sustentadas, identificando o valor ótimo de cada parâmetro, estando na presença de óleos crus não desgomados, com um teor de fósforo baixo ou elevado. A hipótese de otimização encontrada deverá ter em conta a gama de valores estipulada nesta dissertação.

Para além deste é também um objetivo, a criação curva de extração do teor de óleo na farinha à medida a que esta avança no extrator de modo a chegar a um valor de velocidade ótima do mesmo quando o defeito de preparação é constante e constatar se uma diminuição na velocidade do extrator é capaz de colmatar o aumento do defeito de preparação.

1. Introdução

1.1. Sovena Oilseeds Portugal S.A.

1.1.1. Apresentação Geral

A Sovena Oilseeds Portugal S.A. é uma empresa que faz parte do Sovena Group, empresa possuidora de estruturas fabris e escritórios espalhados por vários países como Espanha, EUA, Angola, Tunísia e Portugal. Em Portugal, existem duas unidades fabris situadas no Barreiro e em Palença de Baixo, Almada bem como uma unidade de escritórios situada em Algés (sede) [1] [2].

Em Almada a empresa encontra-se inserida no mercado das oleaginosas, vocacionada para a distribuição de matérias-primas (farinha de girassol, colza e soja) para fábricas de rações, bem como a produção de óleos vegetais de girassol, colza e soja crus ou refinados, com o intuito de serem inseridos na alimentação humana, a produção de biodiesel [1] [2].

A fábrica, como é possível visualizar na Figura 1.1, situa-se numa das margens do rio Tejo que lhe confere uma localização determinante graças ao seu terminal portuário, cujos três pátios de descarga têm uma capacidade conjunta de 2000 toneladas por hora, no caso da soja. Dispõe também de um cais para navios até 100000 toneladas e um segundo cais equipado com um pátio de carga para navios até 30000 toneladas com capacidade de 1200 toneladas por hora. Tendo em conta a capacidade de receção de matéria-prima, a Sovena conta com silos de armazenagem com capacidade de 100000 toneladas de produto [2].

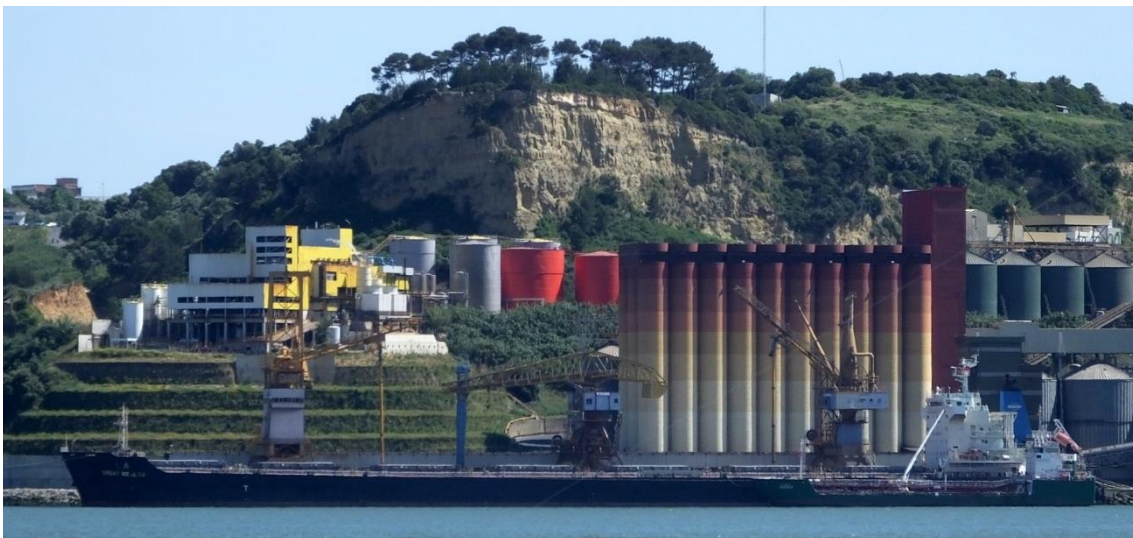


Figura 1.1 - Great Wealth, Navio Graneleiro a Descarregar Semente no Terminal Portuário da Sovena [3].

Para a extração de sementes, a empresa dispõe de duas fábricas de extração, uma delas para girassol ou colza (Fábrica I) e a segunda unicamente para soja (Fábrica II), bem como uma refinaria alimentar e uma fábrica de produção de biodiesel composta por duas unidades produtivas (pré-tratamento e fabrico de biodiesel).

A Fábrica I tem uma capacidade de processamento diária de 1300 toneladas de girassol ou 1250 toneladas de colza e a Fábrica II tem uma capacidade diária de 1900 toneladas de soja [4]. A refinaria tem uma capacidade de 240 toneladas de óleo por dia e a fábrica de produção de biodiesel 300 toneladas por dia [2].



Figura 1.2 - Refinaria Alimentar e Fábrica de Produção de Biodiesel [5].

Graças à sua localização estratégica e excelentes capacidades de armazenagem, extração e refinação, tornou-se um grande fornecedor de diversas empresas nacionais e internacionais.

1.1.2. Unidade de Preparação e Extração de Soja

O presente trabalho irá focar-se na unidade de extração de soja, Fábrica II, em particular na sua etapa de desgomagem. Visto que a eficiência desta etapa está relacionada tanto com a etapa de preparação da semente como da extração de óleo propriamente dita, torna-se de grande importância estudar todo o processo de extração.

Na Figura 1.3 encontra-se representado o diagrama da unidade de extração de soja com todas as etapas do processo. A atividade produtiva da unidade fabril consiste, genericamente, na preparação da semente de soja e na extração de óleo recorrendo a um método químico [4].

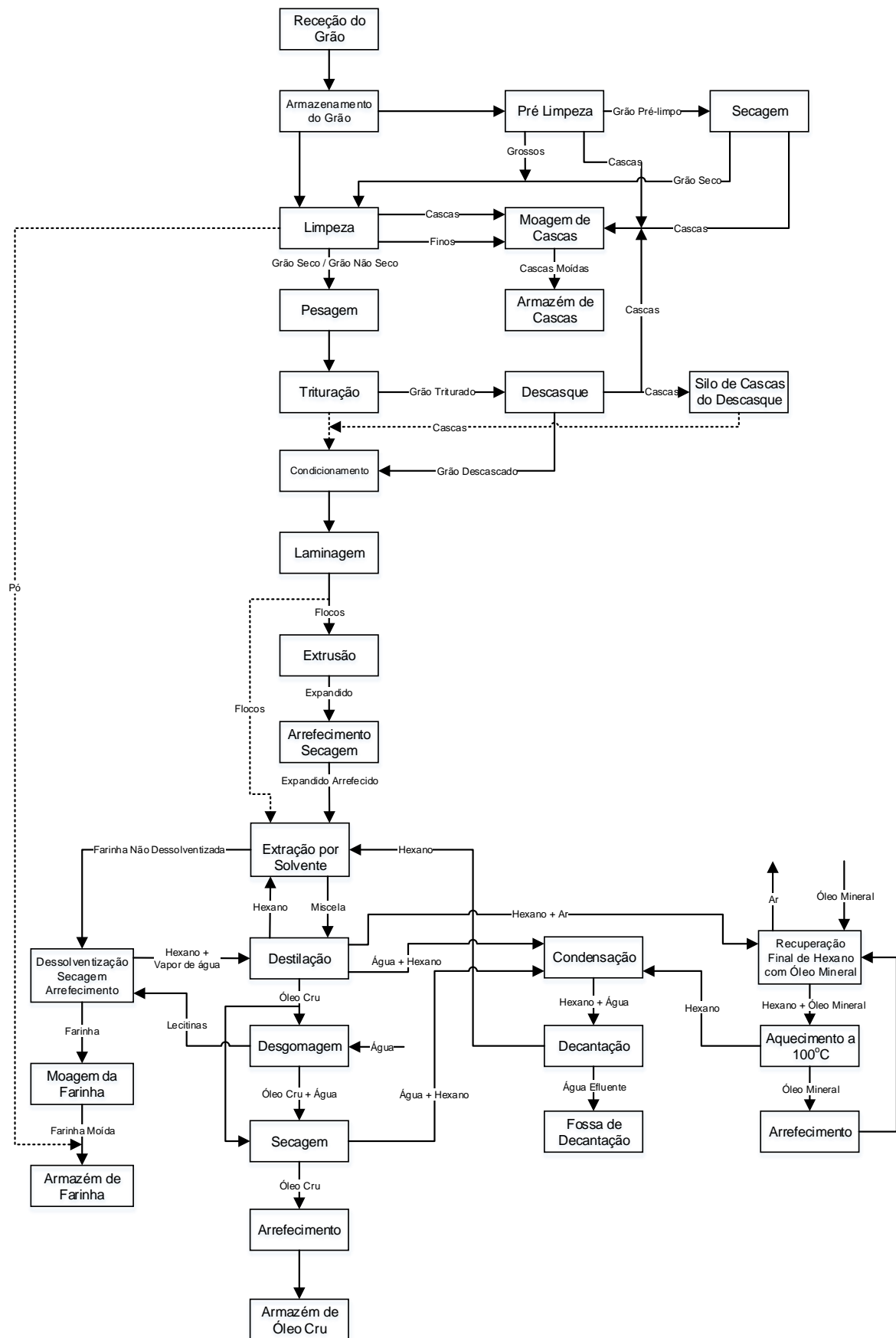


Figura 1.3 - Diagrama Processual da Unidade de Extração do Óleo de Soja [6].

Unidade de Preparação

O processo inicia-se com a etapa de **pré-limpeza**, que consiste primeiramente na passagem das sementes por um peneiro vibratório, que retém os sólidos grosseiros como paus ou pedras, deixando apenas atravessar pelas suas cavidades as sementes, cascas e finos [4].

De seguida, a mistura de sementes, cascas e finos é submetida à passagem de uma corrente de ar e é separada por aspiração. Este ar impregnado de sólidos e poeiras resultante, é conduzido a um ciclone para a separação das partículas maiores sendo posteriormente conduzido a um filtro de mangas que retém as partículas finas, libertando o ar depurado para a atmosfera [4].

O teor médio de humidade da soja recebida ronda os 12,5%, variando em função do seu país de origem, grau de maturação, e muitas outras variantes, pelo que é necessário recorrer a uma **secagem** da semente de modo a conseguir atingir um teor de humidade que ronde os 10,5% antes de seguir para as restantes etapas do processo [4].

A operação de secagem ocorre numa torre de secagem, composta por duas câmaras de secagem e uma terceira de arrefecimento. Em cada uma das câmaras de secagem, existe um gerador de calor que através da combustão de gás natural, aquece o ar de secagem. Após atravessar a semente, o ar que passa para a segunda câmara de secagem é recuperado, voltando a ser introduzido na primeira câmara. A função da última câmara é diminuir a temperatura da semente para que esta obtenha um diferencial térmico aproximadamente de 10°C em relação à temperatura ambiente. Também este ar, que absorve a energia da massa das sementes é reintroduzido na primeira câmara, proporcionando assim uma considerável redução no consumo de combustível [4].

As sementes, após a secagem, ainda contém algumas impurezas, como tal são submetidas a uma etapa de **limpeza**, cujo objetivo é separar as cascas que se soltaram durante a operação de secagem bem como eliminar as restantes impurezas que tenham ficado agregadas às sementes [4].

De seguida, as sementes passam à etapa de **trituração**, sendo introduzidas em equipamentos com rolos estriados cujo sentido de rotação e velocidade diferencial é diferente, garantindo que a semente de soja seja partida em quatro e oito fragmentos à medida que passa pelos diferentes conjuntos de rolos [4].

Caso haja necessidade de produzir uma farinha com elevado teor de proteína (superior a 47%), o grão triturado pode ainda ser submetido à etapa de **descasque**, sendo as cascas e finos separados por aspiração e transportados até ao silo de cascas do descasque. As cascas e finos separados nesta etapa, ainda contém uma percentagem até 2% em óleo e serão reintroduzidas no processo aquando a produção de farinha de baixo teor proteico (entre 42 e 44 %) [4].

Seguidamente as sementes são submetidas a um **condicionamento**, no qual a sua temperatura é elevada até aos 70 °C. O objetivo desta etapa, para além de reduzir novamente o teor de

humidade, é também dar-lhes com uma configuração mais elástica e diminuir a viscosidade do óleo no interior das células de gordura, proporcionando assim uma extração mais eficiente [4].

A etapa que se segue é a **laminagem**, que concede às sementes a forma de flocos com uma espessura de 0,30 – 0,35 mm, fazendo com que haja um rompimento das suas células de gordura e uma facilitada extração do óleo no seu interior. Os flocos são então dirigidos para os *expanders*, onde são submetidos a temperaturas que rondam os 100 °C que juntamente com uma pressão de 70 bar atingida na câmara faz com que haja uma aglomeração dos flocos amolecidos. À saída dos *expanders*, existem placas perfuradas que obrigam à **expansão** do material e consequentemente uma nova rutura da parede das células de gordura. Seguidamente o expandido é arrefecido através de ventilação com ar atmosférico [4].

Unidade de Extração

O processo de **extração** existente baseia-se nas propriedades solúveis das gorduras em solventes orgânicos, como é o caso do hexano. A este processo dá-se o nome de extração contínua com solvente. Para além da sua grande solubilidade no óleo, o hexano é um solvente que não altera as propriedades e características das proteínas contidas no interior da semente [4].

O equipamento utilizado para a realização da etapa de extração por solvente é um extrator semelhante ao da Figura 1.4, constituído por uma câmara fechada, que assume a forma de um paralelepípedo, dentro do qual existe um tapete rotativo para o qual é lançado o material proveniente das etapas anteriores. Ao longo do extrator estão distribuídas um total de 10 bombas responsáveis por fazer circular a miscela (mistura de óleo e hexano) em contracorrente à medida que o tapete do extrator vai rodando [4].

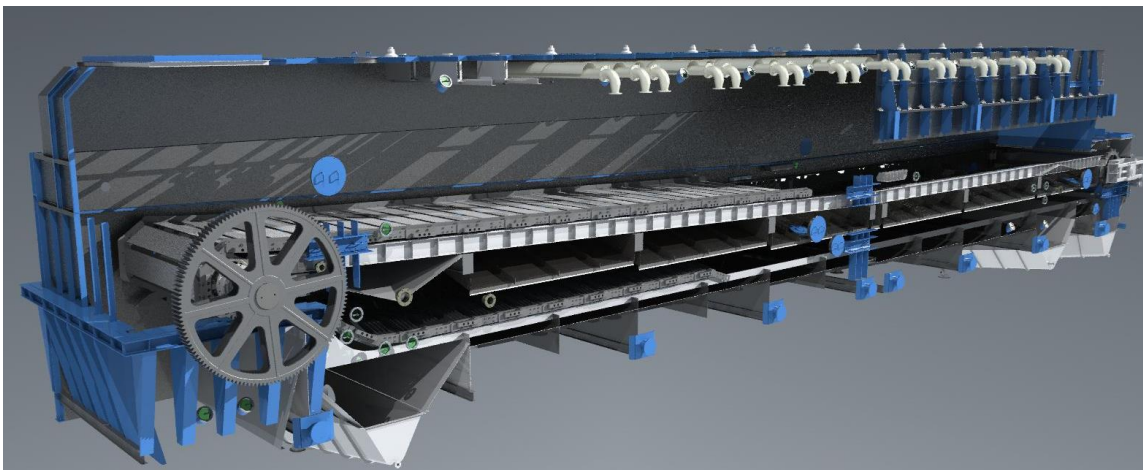


Figura 1.4 - LM™ Extractor [7].

O extrator opera por percolação com hexano, onde a miscela atravessa os interstícios do material onde nele vai extraíndo a sua componente solúvel, o óleo. Quanto maior for a porosidade do material no extrator, mais eficaz é a percolação e mais eficiente irá ser a extração.

Os fluxos resultantes após a etapa de extração com solvente, designados por miscela e farinha não dessolventizada com 0,5-0,8% de matéria gorda e 25-30% de hexano, seguem circuitos diferentes com o objetivo de obter produtos finais com a máxima qualidade [4].

Na terceira etapa da extração, chamada drenagem, a miscela com elevado teor de óleo segue para a **destilação** de modo a haver uma separação do óleo, que nesta fase constitui 23-30% da miscela, e o hexano através da evaporação deste último [4].

Seguidamente o óleo é arrefecido até apresentar uma temperatura entre os 85 e 90 °C, e é lhe adicionada cerca de 2-3% de água, proveniente do tanque de recolha dos condensados de vapor a 85 - 90 °C. A adição desta quantidade de água, tem como objetivo a hidratação dos fosfatídeos, que acabam por precipitar dando origem a lecitinas que serão separadas do óleo na etapa de **desgomagem**, em centrífugas de discos como a da Figura 1.5. Na etapa da desgomagem para além da temperatura do óleo não desgomado e o caudal de água introduzido também é extremamente importante controlar o valor da contrapressão nas centrífugas, que deve rondar os 2,5-3 Kg/cm² de modo a que a interface óleo e lecitinas não seja destruída e possa haver uma separação eficaz de ambas as matérias [4].



Figura 1.5 - Centrífuga de Discos [8].

O fluxo de matéria sólida proveniente da etapa da extração com solvente, é direcionado para a **dessolventização e secagem** para que seja possível a separação e recuperação do hexano e água presentes na farinha não dessolventizada.

A dessolventização ocorre no equipamento *Desolventizer-Toaster-Dryer-Cooler (DTDC)*, semelhante ao da Figura 1.6, onde nos três pisos superiores ocorre uma pré-dessolventização e é retirada a maior parte do hexano. Do quarto ao oitavo piso para além da injeção direta de vapor para eliminar as restantes partículas de hexano, ocorre também uma cozedura da farinha de modo a eliminar a atividade ureásica de uma enzima no seu interior. Do nono ao décimo primeiro piso ocorre a secagem da farinha através da injeção de ar quente e no último piso dá-se o arrefecimento da farinha graças à injeção de ar frio [4].

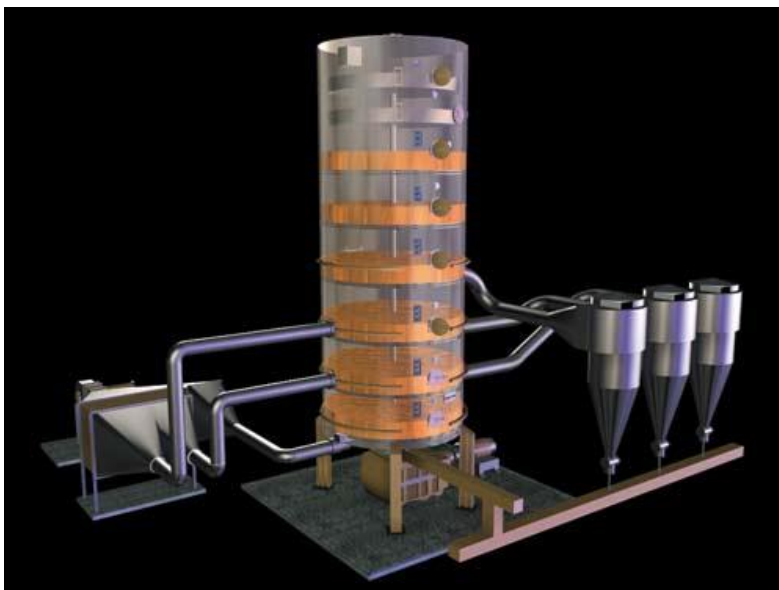


Figura 1.6 - Desolventiser-Toaster-Dryer-Cooler [9].

Após a secagem e arrefecimento, a farinha de soja segue para a sua última etapa, a de **moagem**, para que a farinha final apresente partículas com tamanho uniforme, na forma de micro-grãos [4]. Na Fábrica II são produzidos três tipos de farinha consoante o teor de proteína, 44 com casca, 44 sem casca ou 47,5. Na fábrica após todas as etapas do processo é obtido óleo cru parcialmente desgomado.

Os gases quentes provenientes da etapa de destilação são encaminhados para a etapa de **condensação**, na qual passam por condensadores arrefecidos com água de refrigeração a uma temperatura 20-25 °C que laboram segundo uma cascata de vazio (40-400 mbar) conseguido graças à existência de vários termocompressores. Os resíduos de hexano provenientes do DTDC, que possam não ter condensado na etapa de destilação, são retidos e absorvidos a frio numa coluna de óleo mineral, à qual se dá o nome de **recuperação final de hexano**, e onde este é removido através do arraste com vapor direto. O óleo mineral utilizado nesta etapa de processo é arrefecido e reutilizado na mesma coluna de absorção. Assim consegue-se uma redução na emissão de compostos orgânicos voláteis contendo hexano, sendo este o único ponto fixo de escape de gases para a atmosfera [4].

A mistura de água e hexano condensados é dirigida para um tanque de decantação, onde a separação é efetuada graças às suas diferentes densidades e consequente imiscibilidade. O hexano resultante é posteriormente separado, voltando a ser inserido na operação de extração. Por outro lado, a água que ainda poderá conter algumas partículas de hexano passa por um fervedor de segurança onde a sua temperatura é elevada até aos 90 °C fazendo assim que com que todo o hexano residual seja eliminado. Após esta etapa a água é transferida para a fossa de decantação [4].

1.1.3. Desgomagem

1.1.3.1. Métodos de Desgomagem

Na indústria do óleo vegetal, são vários os métodos que podem ser aplicados na etapa da desgomagem, consoante as características do óleo que se quer obter. Estes podem dividir-se em dois grupos, métodos de desgomagem física e métodos de desgomagem química. Alguns destes métodos são:

- 1. Desgomagem Aquosa;**
- 2. Condicionamento Ácido;**
- 3. Desgomagem Ácida;**
- 4. Super Desgomagem;**
- 5. Ultra Desgomagem;**
- 6. Desgomagem com Membranas.**

1. Desgomagem Aquosa

Este método consiste em retirar partido das propriedades hidratáveis dos fosfolípidos, recorrendo à adição de uma pequena percentagem de água ao óleo bruto e que posteriormente faz com que estes absorvam a água fazendo-os agregar formando, as chamadas lecitinas ou gomas [10].

A quantidade de água adicionada, para a hidratação dos fosfatídeos, é considerado um parâmetro crítico. Se a quantidade adicionada for inferior à necessária, a hidratação não vai ocorrer da forma mais apropriada, caso a quantidade de água adicionada seja superior ao valor ótimo necessário, vamos ter elevadas perdas de óleo na fase pesada e uma diminuição da percentagem de fosfatídeos nas lecitinas resultantes [11]. Para além do ajuste na quantidade de água, esta deverá ser isenta de sais de cálcio ou magnésio uma vez que a sua presença reduz a eficiência da desgomagem, uma vez que a maioria destes compostos é não hidratável [12].

Dependendo da qualidade do grão, mais ou menos rendimento se consegue obter com este método, sendo possível remover quase todos os fosfolípidos hidratáveis quando estamos na presença de óleo, proveniente de sementes com boa qualidade e de uma etapa de extração adequada. Quando o óleo obtido é proveniente de grãos de pouca qualidade este terá uma maior percentagem de fosfolípidos não hidratáveis e este método será consequentemente menos eficiente e nesse caso será necessário recorrer a outros métodos como por exemplo a desgomagem ácida [10].

Na Figura 1.7 é possível observar um esquema típico de desgomagem aquosa, que neste caso pertence à *Alfa Laval* e de seguida são apresentados os passos envolvidos no processo [10].

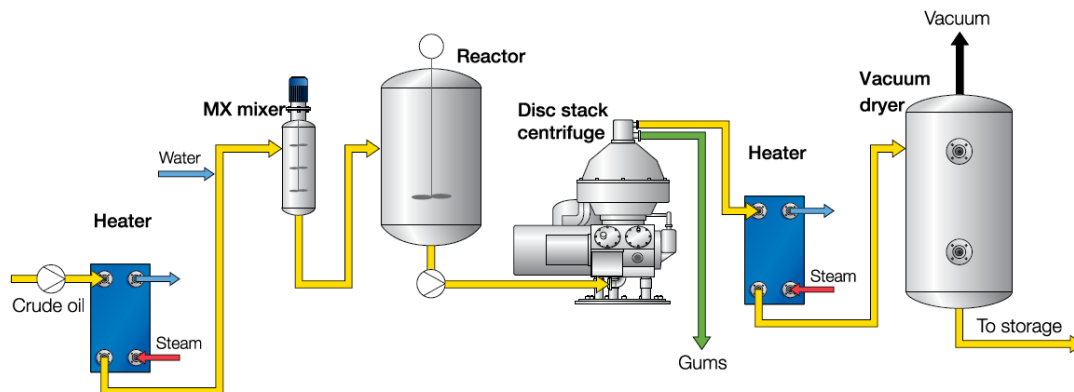


Figura 1.7 - Processo de Desgomagem Aquosa da Alfa Laval [13].

1. Determinar a percentagem de fosfolípidos no óleo bruto verificando a quantidade (em ppm) de fósforo no mesmo;
2. Aquecer o óleo bruto a uma temperatura 60-65 °C;
3. Adicionar num misturador, a percentagem de água desionizada igual à percentagem de fosfolípidos presentes no óleo;
4. Misturar cuidadosamente durante 30-40 min, a mistura de óleo e água, num tanque de hidratação. As gomas hidratadas separaram-se e aglomeram [10];
5. Bombear a mistura para a centrífuga. A fase pesada contém as lecitinas e a temperatura do óleo desgomado à saída da centrífuga é aproximadamente 60-65 °C e um teor de humidade de 0,4-0,8 %;
6. Aquecer o óleo até 85-90 °C e de seguida bombear para um secador a vácuo e mantendo-o a uma pressão máxima absoluta de 500 mm Hg. O aquecimento do óleo é necessário, pois a temperatura com que este sai da centrífuga, é demasiado baixa para uma secagem a vácuo feita nestas condições. O óleo à saída do secador a vácuo deve ter uma percentagem de humidade igual ou inferior a 0,05%;
7. Arrefecer o óleo antes do armazenamento até a uma temperatura inferior a 55 °C;
8. Se a finalidade das lecitinas for a sua incorporação nas lecitinas, estão estas devem ser secas num *wiped-film dryer*. Secador de vácuo especialmente equipado com um eliminador de névoa concebido para evitar qualquer tipo de perda de produto, graças ao excesso de espuma que pode ser criada durante o processo;
9. O sistema de vácuo deve ser concebido de modo a não existir contato com os condensadores, de modo a evitar qualquer mistura de fosfolípidos no condensador de água e possibilitar a formação de emulsões na torre.

2. Condicionamento Ácido

Este é um método geralmente utilizado no tratamento de óleo de palma e coco de alta qualidade. É um método bastante simples e pouco dispendioso mas tem as suas limitações, nomeadamente não deve ser utilizado como método de desgomagem ácida. O óleo misturado com cerca de 400-500 ppm de ácido fosfórico num *high shear mixer*. Seguidamente é enviado para o branqueamento na refinação física [10].

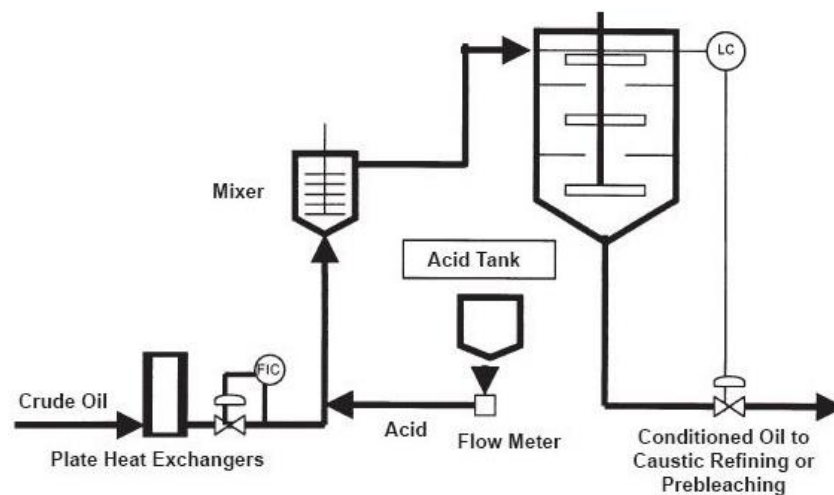


Figura 1.8 - Processo de Condicionamento Ácido da Alfa Laval [13].

Algumas das suas limitações são graças às tendências, que os sais precipitados e as lecitinas, têm, de se acoplar aos filtros. Neste caso é sempre recomendado, fornecer uma camada protetora nos filtros com terra de diatomáceas [10]. De seguida, encontram-se listados os passos que devem ser aplicados neste método.

1. Aquecer o óleo de palma e coco até 55-60 °C;
2. Adicionar cerca de 400-500 ppm de ácido fosfórico num *high shear mixer*. Em alguns casos, a utilização de ácido cítrico ou maleico é considerado mais favorável (por exemplo no tratamento de óleo de canola);
3. Direcionar a mistura de óleo e ácido num tanque de retenção chamado, tanque de condicionamento. Este tanque fornece uma agitação gentil à mistura;
4. Permanecer no tanque de condicionamento durante 15-30 minutos, de forma a ocorrer a hidratação dos fosfolípidos, separando assim os fosfolípidos hidratáveis do óleo, graças à insolubilidade dos metais presentes no ácido;
5. Os fosfolípidos hidratáveis não são separados do óleo bruto antes do branqueamento ou da neutralização caustica [10].

3. Desgomagem Ácida

A desgomagem ácida proporciona uma remoção mais eficaz dos fosfolípidos. Este método é utilizado no tratamento de óleos considerados mais difíceis de refinar. É basicamente uma extensão do método do condicionamento ácido, mas são-lhe adicionados os passos listados a baixo [10].

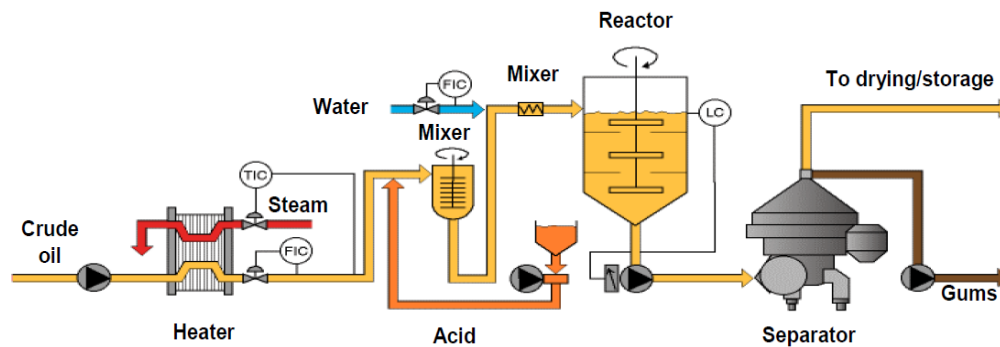


Figura 1.9 - Processo de Desgomagem Ácida da Alfa Laval [15].

1. Adicionar 2% de água desionizada, do caudal da mistura de óleo e ácido à saída do *high shear mixer*;
2. Transportar a corrente líquida através de um misturador estático, antes de entrar no tanque de hidratação [10]. O tanque de hidratação tem um tipo de construção similar ao utilizado na desgomagem aquosa;
3. Misturar durante 20 a 30 minutos, a mistura de óleo, ácido e água, no tanque de hidratação;
4. Bombear a mistura à saída do tanque de hidratação para a centrífuga. A fase pesada (lecitinas provenientes do tratamento com ácido), e a fase líquida (óleo tratado) são separadas;
5. Para obtenção de um óleo de palma e coco, a água pode ser adicionada antes da mistura de óleo e ácido entrar na centrífuga [10].

4. Super Desgomagem

Este método, também conhecido como *Special Degumming*, foi desenvolvido pela *Unilever* para processar óleo bruto de soja, bem como óleos provenientes de outras sementes consideradas difíceis de refinar. Este funciona melhor utilizando óleo bruto, em vez de óleo proveniente da desgomagem aquosa, pois acredita-se que os fosfolípidos hidratáveis ajudam na separação os fosfolípidos não hidratáveis aglomerando-os e sendo posteriormente mais fácil a sua separação na centrífuga [10].

É um método mais eficiente que a desgomagem ácida, mas as lecitinas obtidas são bastante viscosas, como tal, para além da utilização de uma centrífuga com um sistema de limpeza

automática é também necessário que o caudal de óleo hidratado seja 60% daquele que é estipulado na desgomagem ácida. Esta particularidade implica, a obtenção de centrífugas com maiores capacidades e bombas com valores de potência mais elevada [10].

Outra desvantagem deste método são as perdas de óleo durante o processo, devido à baixa temperatura de operação, aumentando a viscosidade do fluído e tornando mais difícil a separação das duas fases. Para além dessa, as gomas produzidas contêm uma percentagem de óleo, superior à desgomagem aquosa e ácida. As lecitinas separadas, tal como na desgomagem ácida não são adequadas para consumo humano, como tal a sua finalidade é unicamente para alimentação animal [10].

Para a realização deste método é necessário aplicar os passos listados a baixo.

1. Aquecer o óleo até 35-40 °C e misturar com 0,1% de ácido cítrico num misturador de facas;
2. Manter durante 30 minutos sob leve agitação, o óleo que sofreu o tratamento com ácido num tanque de condicionamento;
3. Retirar do tanque o óleo condicionado e misturar com 2% de água desionizada num segundo misturador de facas;
4. Juntamente com a água desionizada, antes de entrar no misturador de facas é adicionada uma pequena quantidade de soda cáustica;
5. Estipular para a mistura um tempo de retenção de 30 minutos no tanque de hidratação. Este passo de floculação é o que difere entre os outros métodos de desgomagem;
6. Bombear do tanque de hidratação o óleo para uma centrífuga de limpeza automática, cuja função é separar o óleo das lecitinas. A utilização de uma centrífuga com um sistema de limpeza automática é fulcral neste processo pois com centrífugas regulares, seria necessário parar o processo bastantes vezes para se proceder à sua limpeza [10].

5. Desgomagem Ultra

Walter E. Farr, foi o autor do desenvolvimento deste processo, bem como o primeiro a realizar a sua primeira aplicação a nível comercial no ano de 1995. O nome do processo foi dado graças a uma nova técnica de mistura e denominada por *ultra-shear mixing*. Com a ajuda destes misturadores, é possível atingir uma força de cisalhamento de 100,000 sec⁻¹ [10].

Neste método, a dose de tratamento ácido é igual ou menor que a dose utilizada na desgomagem ácida, mas a mistura de óleo bruto com ácido (cítrico ou fosfórico) é colocada sobre contato extremo devido à força exercida pelos *ultra-shear mixers*. A adição de ácido aliado à força de cisalhamento, faz com que uma grande percentagem de fosfolípidos não hidratáveis, se tornem hidratáveis [10].

Este método permite que o óleo tratado tenha um teor de fósforo de 5 ppm, mas caso a qualidade do óleo seja inferior, é possível que este não consiga atingir valores de fósforo dentro desta gama de valores. Quando o caso é a baixa qualidade do óleo, pode aliar-se este método a uma refinação química com a adição de soda cáustica, *Walter E. Farr* chamou a este processo *Semi-Physical Refining Process* [10].

6. Desgomagem com Membranas

Os processos de separação com membranas têm vindo a ser exaustivamente pesquisados ao longo dos anos, como um método alternativo para proceder à etapa da desgomagem. Algumas das vantagens apontadas a este novo método são o baixo consumo energético, a possibilidade de operar a temperaturas amenas, ausência de adição de produtos químicos e a possibilidade de retenção de nutrientes e outros compostos desejáveis [16].

As metodologias que surgiram podem ser agrupadas em dois grupos, onde o primeiro é baseado na remoção de fosfolípidos a partir da miscela e o segundo na remoção a partir do óleo sem adição de solventes. No primeiro caso, a maior dificuldade encontrada envolve a baixa estabilidade das membranas em solventes orgânicos e no segundo caso, o baixo fluxo de permeado como consequência da alta viscosidade do óleo [16].

A aplicação de membranas poliméricas para uso orgânico requer estabilidade física e química frente ao hexano e temperaturas de operação entre os 50-60 °C. Materiais como a poliamida aromática, imida aromática, polifluoreto de vinilideno (PVDF) e politetrafluoretileno mostraram-se adequados nestas condições. As membranas cerâmicas atendem a estes requisitos e começaram a ser introduzidas em processos de ultrafiltração, apesar da restrita disponibilidade de diferentes tamanhos de poro [16].

1.1.3.2. Desgomagem na Sovena

O método de desgomagem implementado na Fábrica II da Sovena é chamado de *Water in line Deguming* e tal como na desgomagem aquosa, o seu objetivo é reduzir a presença de fosfatídeos hidratáveis presentes no óleo, para que na sua constituição à saída de fábrica este apresente um teor de fósforo inferior a 200 ppm, no caso da Sovena. Na Figura 1.10 é possível observar o seu diagrama simplificado.

A remoção dos fosfatídeos é bastante importante nesta etapa da extração, porque permite eliminar a deposição de sedimentos durante o transporte e armazenagem do óleo, evitar problemas ao nível do processamento e otimizar o rendimento dos processos de refinação. Para além disso, na presença de uma elevada concentração fosfatídeos no óleo, pode influenciar a estabilidade no sabor do óleo após a refinação, branqueamento e desodorização [10]. O nível de fosfatídeos presentes no óleo, nesta indústria, é expresso em partes por milhão de fósforo.

Na Fábrica II da Sovena, são utilizadas sementes de soja e é aplicada uma desgomagem aquosa com vista na recuperação dos fosfatídeos, para proceder à sua incorporação na farinha.

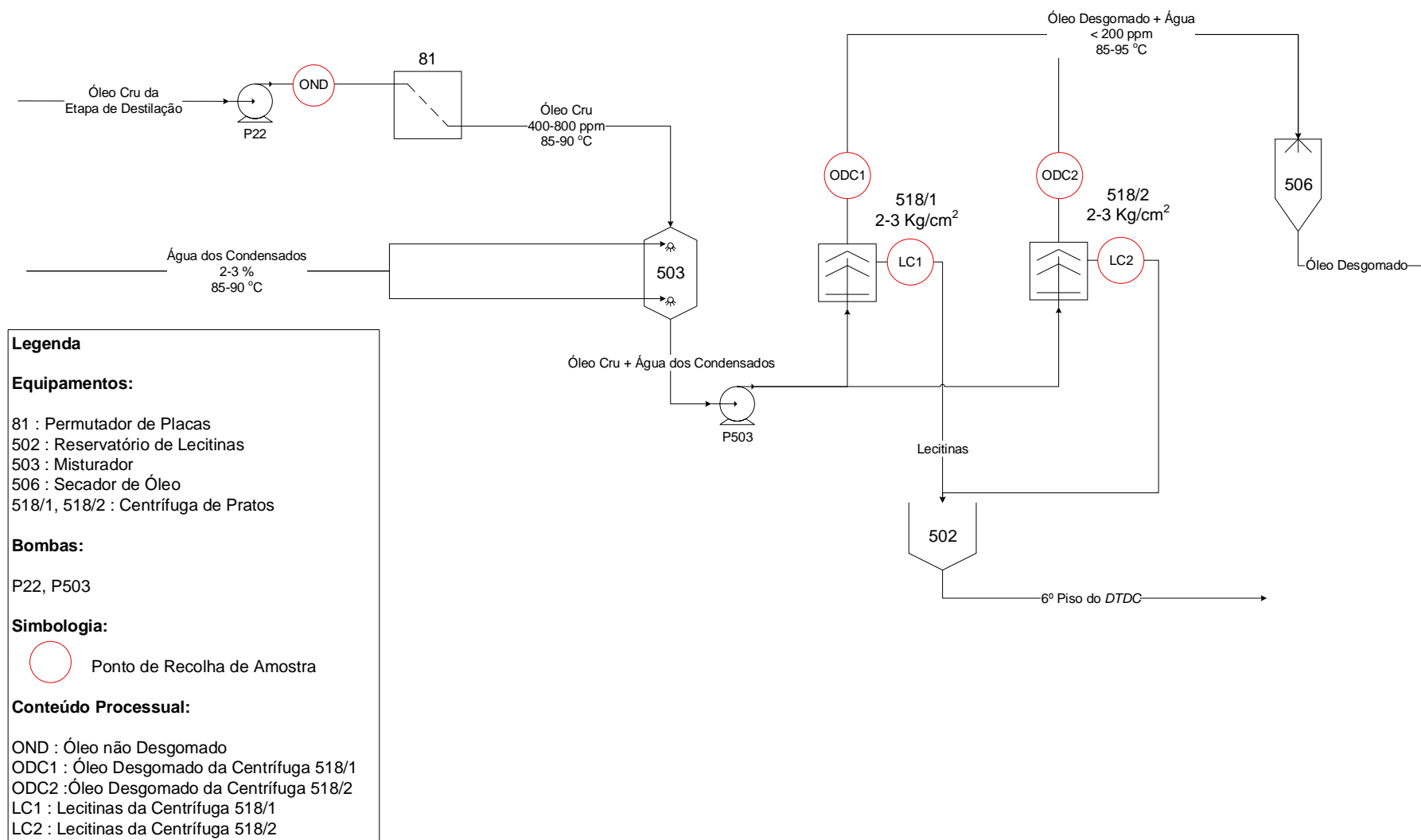


Figura 1.10 - Diagrama Simplificado da Etapa de Desgomagem da Sovena Fábrica II com os Pontos de Recolha Assinalados para os Óleos e Lecitinas.

O óleo cru proveniente da etapa de destilação que nesta etapa do processo apresenta um elevado teor de fósforo, é bombeado através da bomba P22 para um permutador de placas com água doce em circuito fechado, que é responsável pela diminuição da sua temperatura até 85 – 90 °C.

É bombeado até ao misturador estático 503 onde é adicionada uma percentagem de 2-3% de água proveniente dos condensados. A percentagem de água adicionada varia consoante o teor de fósforo presente no óleo não desgomado. A análise do teor de fósforo presente no óleo não desgomado é extremamente importante pois tendo em conta o seu conteúdo em fosfatídeos, a percentagem de água adicionada será ajustada. Se o óleo a desgomar tiver um teor de fósforo bastante elevado será necessário fornecer uma percentagem de água mais elevada pois caso isso não aconteça a etapa de desgomagem terá uma baixa eficiência e consequentemente o óleo à saída de fábrica apresentará um teor de fósforo mais elevado. A temperatura da água inserida deve rondar a mesma temperatura do óleo podendo assumir valores de 85 – 90 °C.

No misturador 503 o óleo é aspergido com água, e os fosfatídeos hidratáveis começam a precipitar e dar origem às lecitinas. A P503 localizada à saída do misturador, é responsável por bombear a mistura para as duas centrífugas de discos existentes na Sovena.

A temperatura a que o óleo não desgomado entra nas centrífugas é um parâmetro que deve ser bem controlado para facilitar a desgomagem. A temperatura do óleo, deve ser mantida entre os 85 – 90 °C.

O caudal de óleo é direcionado para as duas centrífugas onde pode ser ajustada a sua contrapressão, de forma a não danificar a interface do óleo com as lecitinas e não existirem perdas de óleo.

As lecitinas à saída das centrífugas são encaminhadas para o depósito de lecitinas 582 antes de serem introduzidas no 6º piso do *DTDC*. Como resultado, é aí que ocorre a sua incorporação e homogeneização com a farinha.

O óleo desgomado segue para o equipamento 506 onde ocorre a secagem, cujo objetivo é o óleo final ter um teor máximo de humidade de 0,2 %. Seguidamente o óleo é arrefecido e armazenado para posterior refinação.

A remoção destes compostos hidratáveis, passa simplesmente pela adição de água em condições processuais adequadas, que provoca a hidratação do grupo fosfato. A remoção da componente não hidratável envolve um processo mais complexo, recorrendo à utilização de agentes complexantes como o ácido cítrico ou fosfórico [11].

1.2. Soja

1.2.1. Botânica da Planta

Ao longo dos anos a planta de soja, *Glycine max* (L.) Merrill [17], como consequência dos vários cruzamentos entre espécies, condições atmosféricas e localização, tem-se afastado da sua estrutura original [17]. São várias as condições ambientais que podem afetar a composição da semente entre elas, a latitude, altitude, temperatura e precipitação, são fatores que ao longo dos anos têm contribuído para criar inúmeros tipos de espécies [18].

A planta selvagem de soja teria um aspeto semelhante ao de uma videira verde anual, de folhas pequenas e estreitas que se agruparam em conjuntos de três. Teria pequenas flores de cor roxa e sementes redondas e pequenas, com elevada resistência de cor preta ou castanho-escuro.

Hoje em dia, as plantas de soja após domesticação apresentam genótipos de alta produtividade, estão adaptadas ao período fotossintético e são resistentes tanto aos patogénicos locais como aos pesticidas utilizados no seu combate [18]. Na Figura 1.11 é possível observar o seu aspeto após a colheita e posterior descasque.



Figura 1.11 - Sementes de Soja [20].

São plantas autógamas, ou seja, polinizadas por elas próprias e a sua altura é superior à planta que lhe deu origem e depende da espécie e do tempo a que esta passa à exposição solar. As suas folhas, vagens e caules encontram-se tipicamente cobertos de pelos de cor castanha e o seu sistema radicular é bastante difuso e apresenta pequenos nódulos, que as torna excelentes fixadores de nitrogénio [21]. As suas folhas são trifoliadas e com interstícios e a formação de vagens, crescimento das flores e maturação das sementes dão se em etapas de desenvolvimento diferentes. Quando se dá início da maturidade da semente as suas folhas adquirem uma cor amarela e caem antes da maturação da semente estar completa.



Figura 1.12 - Planta de Soja [22].

As suas flores são de pequeno porte e podem adquirir uma cor branca ou roxa, a vagem pode ser ligeiramente arqueada e pode albergar desde uma a quatro sementes. Estas sementes podem adquirir uma forma redonda ou elíptica e a cor da semente pode ter vários tons de amarelo, verde, castanho ou preto.

As sementes têm um revestimento que as protege de possíveis estragos e de secarem antes de amadurecerem. Estas estão prontas a colher quando as sementes já se encontram duras ou quando as folhas começam a cair, mas a sua colheita é normalmente adiada até as sementes estarem bastante secas.

As suas sementes são ricas em proteínas (aproximadamente 40%) e óleo (aproximadamente 20%) e as diferentes aplicabilidades que estas podem vir a ter a nível industrial ou agrícola, dependem exatamente da percentagem destes dois componentes [17]. A soja tem um teor de proteína mais elevado em relação a outras sementes como a colza (18-21%) e o girassol (15-18%), bem como uma produção mundial de óleo vegetal superior [23].

A classificação taxonómica da soja, feita com base nas suas características morfológicas, apresenta-se representada na Figura 1.13.

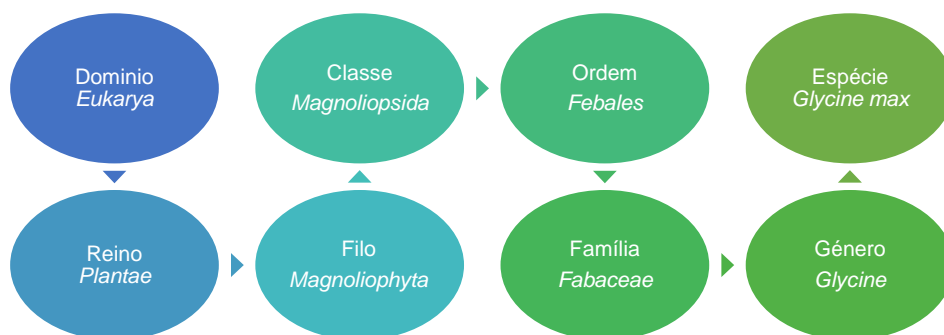


Figura 1.13 - Classificação Científica da Espécie *Glycine max* (L.) Merrill [24].

1.2.2. História

Com base nas várias aplicações e subprodutos que a soja tem vindo a oferecer ao longo dos tempos, também a sua indústria transformadora foi obrigada a acompanhar este ritmo de evolução e também esta foi evoluindo atingindo em 2014, as 318,60 milhões de toneladas produzidas [17] [25].

Na Figura 1.14 encontram-se registados os maiores produtores de soja a nível mundial em 2014, as suas capacidades de produção bem como a produção mundial. Nesta destacam-se os Estados Unidos com uma produção de 108,01 milhões de toneladas, seguidos pelo Brasil com 94,50 milhões de toneladas e o terceiro maior produtor a Argentina com 60,00 milhões de toneladas [25].

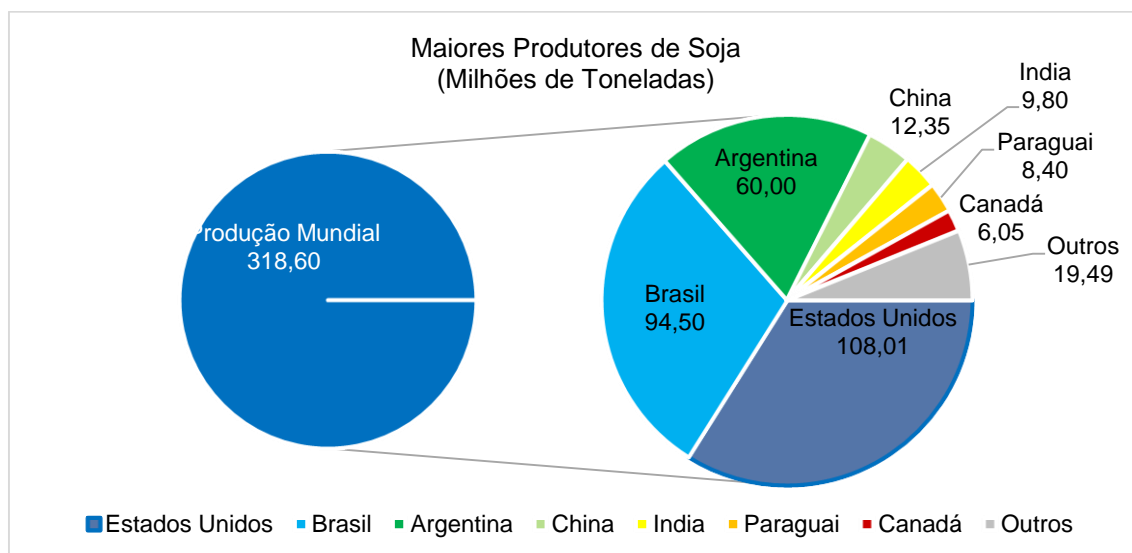


Figura 1.14 - Produção Mundial de Soja e Maiores Produtores de Soja 2014/2015 [25].

É consensual entre historiadores, que a origem do cultivo da planta de soja tenha sido na China, maior produtora e exportadora a nível mundial na primeira metade do século XX [26] [27]. Em tempos, a produção de soja na China estava concentrada no curso central e inferior do *Yellow River* mas mais tarde, foi-se expandido e gradualmente atingiu todo o país. No século XIX, a

região nordeste da China, foi a região cujos níveis de produção atingiram os valores mais altos. Desde aí, a produção de soja foi crescente até há três anos, onde veio a sofrer um decréscimo, atingindo em 2014 as 12,35 milhões de toneladas. Projeções para 2015 mostram vai voltar a haver uma descida e estima-se que atinja os 11,500 milhões de toneladas [28] [29].

Apesar de já existirem plantações de soja nos Estados Unidos antes do século XX, foi somente no início do século, que estes iniciaram a sua produção a larga escala. A partir daí a sua área de plantação teve um aumento bastante rápido e fatores como: baixo custo de produção, plantação de espécies resistentes a herbicidas com consequente aumento do rendimento por hectare e o constante aperfeiçoamento de técnicas de produção, foram fatores determinantes na rápida expansão de produção [30].

Em 2013, *Iowa*, *Illinois* e *Indiana* foram considerados os estados com maiores áreas de produção de soja nos EUA e em 2014, a sua área de cultivo subiu 11% em relação ao ano anterior, chegando aos 34 milhões de hectares e uma produção de 108,01 milhões de toneladas [28] [29] [31] [23].

No Brasil a soja chegou por volta de 1882 por via dos Estados Unidos e após testes de adaptação ao cultivo em 1900, foram distribuídas as primeiras sementes para os produtores. Com um aumento significativo na produção de sementes, graças à expansão do terreno de cultivo, novas tecnologias disponibilizadas aos produtores e incremento de produtividade, o Brasil atingiu em 2014 as 94,50 milhões de toneladas de semente produzida sendo hoje o segundo maior produtor de soja do mundo [33].

Tal como no Brasil a Argentina iniciou os primeiros ensaios com soja por volta de 1909 e só a partir dos anos 70 é que começou a sua grande expansão. Hoje em dia a soja é um dos sectores mais dinâmicos e propulsor da economia do país e em 2014 a Argentina apresentou uma produção de 60 milhões de toneladas [34]. A sua projeção para 2015 aponta para superar esse valor [35].

A Índia, constantemente em desenvolvimento, igualou a área de cultivo da China em 2012. Apesar do seu regime de produção ter decaído nos últimos dois anos, em 2014, a sua produção atingiu 9,80 milhões de toneladas, o que faz dela o quinto maior produtor de soja no mundo [25] [28]. Estima-se que em 2015 a sua produção aumente até às 11,50 milhões de toneladas competindo diretamente com a China.

Na Figura 1.15 encontra-se a evolução da produção mundial de soja bem como a evolução da produção de cada um dos sete maiores produtores de soja.

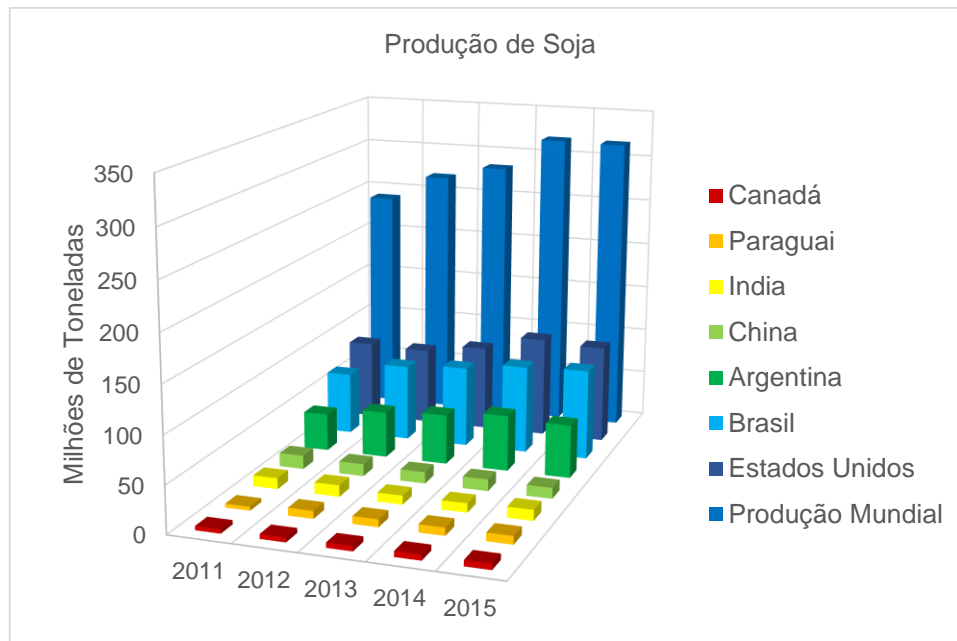


Figura 1.15 - Evolução da Produção Mundial e dos Maiores Produtores de 2011-2014 e Projeção para 2015 [25].

1.2.3. Aplicações

A nível económico, a indústria da soja é bastante complexa, pois abrange três grandes mercados: sementes, óleo e farinhas [12]. Na Figura 1.16 observa-se que a maior aplicação para a qual são destinadas as sementes de soja, 85%, é no seu processamento em óleo vegetal e farinha destinada a alimentação animal.

Para além dos 10% de semente de soja que são destinados a uma vasta gama de produtos alimentares como tofu, leite de soja, *natto* e *miso*, ainda 4-5% da farinha produzida graças ao processamento da semente é destinada a produtos alimentares com proteína de soja, como fórmulas para bebés, produtos lácteos, alternativas à proteína de carne, suplementos nutricionais e barras energéticas.

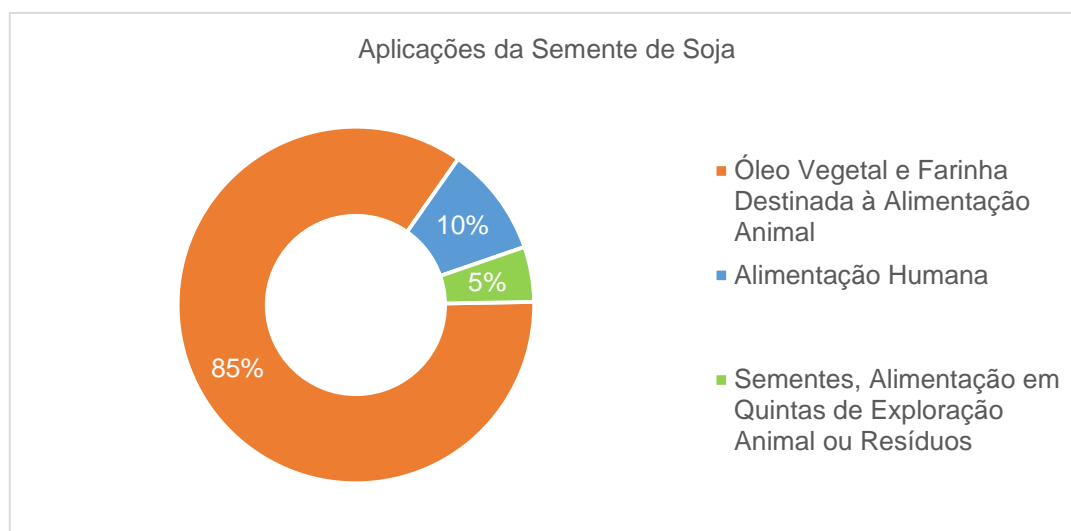


Figura 1.16 - Aplicações da Semente de Soja. Fonte: *Soy Applications in Food* [37].

1.2.4. Óleo de Soja

Por definição, é considerado como sendo um óleo de soja, todo aquele que é extraído através de métodos físicos ou químicos, a partir de grãos da espécie *Glycine max (L.) Merrill*. O óleo de soja pode ser classificado como, bruto, desgomado ou refinado, dependendo do seu grau de elaboração e qualidade [38].

A composição química do óleo de soja depende de vários fatores como, a qualidade da semente e as condições climáticas a que esta é sujeita durante o seu crescimento e maturação, mas genericamente podemos afirmar que o óleo de soja é constituído por aproximadamente por cerca de 60 % de compostos polinsaturados (ácido linoleico (C18:2) e ácido α -linoleico (C18:3)), 24 % de compostos monoinsaturados (ácido oleico (C18:1)) e cerca de 16 % de compostos saturados (ácido palmítico (C16:0) e ácido esteárico (C18:0)) [39]. A sua composição rica em ácidos gordos polinsaturados, composto de ómega-3 e ómega-6, ambos considerados essenciais e benéficos na alimentação de todos os mamíferos, faz como óleo de soja tenha aplicabilidades variadas em vários tipos de produtos [40] [41].

Para além de ser bastante utilizado na alimentação e na fabricação de produtos alimentícios para o Homem, tem várias outras aplicações dentro das quais é possível citar a produção de vernizes, tintas, biodiesel e lubrificantes. Da extração do óleo das sementes de soja é possível obter como subproduto a lecitina e como produto final a farinhas e óleo de soja. A farinha de soja tem um elevado teor proteico que é utilizada maioritariamente como matéria-prima para a alimentação animal [23] [42].

1.2.4.1 História

Há séculos, que o Homem tem vindo a utilizar óleos vegetais. As aplicações em que este tem vindo a fazer parte são variadas e vão desde iluminação, incorporação em medicamentos e cosméticos, cerimónias religiosas e alimentação [10].

O óleo de sésamo e azeitona começaram a ser valorizados ainda no Médio Oriente, graças à sua longa estabilidade. Crê-se que o girassol foi cultivado na área *Arizona-New Mexico* antes de Cristo, e as sementes ao longo do rio *Missouri-Mississippi* foram das primeiras a ser trazidas pelos exploradores para a Europa.

No final de 1700, o comércio de exportação dos Estados Unidos da América, teve um grande avanço com a invenção do descaroçador de algodão. Esta máquina era capaz de separar as fibras de algodão das suas sementes, levando assim ao desenvolvimento do óleo de algodão, sendo este considerado o primeiro óleo da Era Industrial em meados de 1800 [10].

No ano de 1900, dá-se início ao processamento de sementes de soja, e com este mais inovações surgiram na indústria, como o desenvolvimento de extratores contínuos e da destilação com vapor de modo a reduzir ou remover o sabor a “cru” que o óleo até aí adquiria. Com todas estas características do óleo, que passaram a ser manipuláveis (tanto fisicamente como quimicamente) e que proporcionaram um melhoramento na estabilidade e sabor do óleo, o Homem passou a utilizá-lo para cozinhar, fritar e temperar. Mais tarde, apareceram o óleo de palma e de colza com uma elevada gama no teor de gordura [10].

1.2.4.2. Composição

Os óleos vegetais podem ser obtidos a partir de várias fontes, por exemplo [10]

- Sementes oleaginosas, como soja, algodão, girassol, colza, cártamo, amendoim, sésamo, etc;
- Fruta, como polpa de palma, polpa de azeitona, coco, abacate, etc;
- Sementes de abóbora, uva, tomate, etc;
- Frutos de árvore, como, amêndoa, caju, noz-pecã, etc.

Relativamente à sua composição química, os átomos de carbono, hidrogénio e oxigénio são os principais compostos presentes nos óleos [10]. O óleo é uma mistura maioritariamente constituída por 96-98% de triglicerídeos e os restantes 2-4% de outros compostos solúveis em óleo, que podem ser determinantes da estabilidade do óleo [10].

Como mostra a Figura 1.18, os triglicerídeos são formados pela ligação dos radicais carboxílicos de três ácidos gordos, com o grupo hidroxilo de moléculas de glicerol e libertação de três moléculas de água. A molécula é constituída por uma zona apolar, correspondente aos ácidos

gordos, e uma zona polar, correspondente ao grupo hidroxilo. Na Figura 1.17 é possível observar a constituição molecular de um fosfatídeo bem como identificar a sua componente polar e apolar, a molécula é tanto mais hidrofílica quando maior for a cadeia hidrocarbonatada.

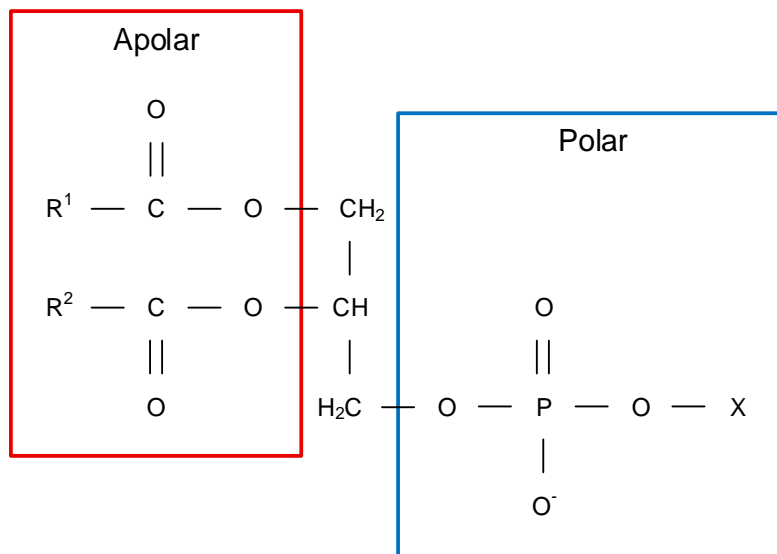


Figura 1.17 – Identificação da Zona Polar e Apolar de um Fosfatídeo.

Dos três grupos hidroxilo disponíveis para serem substituídos, podem obter-se os seguintes compostos resultantes [46]:

- Monoglicerídeos, formados quando um dos três grupos hidroxilo, do glicerol é substituído por um ácido gordo;
- Diglicerídeos, quando dois dos três grupos hidroxilo, da molécula de glicerol são substituídos por ácidos gordos;
- Triglicerídeos são formados, quando os três grupos hidroxilo do glicerol são substituídos por ácidos gordos tal como na Figura 1.18.

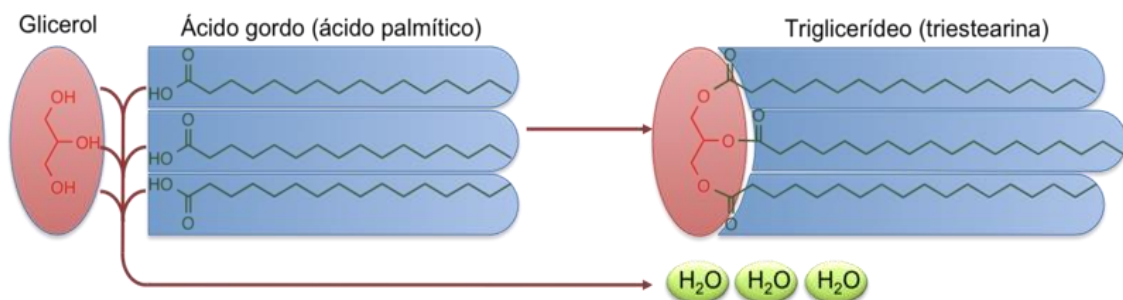


Figura 1.18 - Formação de um Triglicerídeo [47].

O maior objetivo do processamento e refinação de óleo é a conversão da maior quantidade de óleo presente nas sementes, em óleo refinado para consumo humano. Os monoglicéridos e diglicéridos apesar de serem constituintes naturais do óleo cru, mas quando o óleo reage com

moléculas de água, quando por exemplo sujeito a condições de armazenamento ou manuseio incorretas a sua percentagem ponderal, pode vir a ser influenciada [46].

Os fosfolípidos, ácidos livres gordos, diglicéridos e monoglicéridos, são compostos que fazem parte da pequena percentagem de não triglicéridos, e estão normalmente presentes no óleo em níveis bastante altos que têm de ser reduzidos [10].

Os fosfolípidos, também conhecidos por fosfatídeos ou lecitinas, são normalmente expressos em partes por milhão, e podem ser agrupados em duas categorias, fosfolípidos hidratáveis e não hidratáveis [10]. Geralmente o teor da componente hidratável é de cerca de 75 % relativamente ao total da quantidade de fosfatídeos numa massa de óleo.

1.2.6. Lecitina

Lecitina é o nome atribuído a uma mistura de fosfatídeos, que varia tanto na sua cor como na sua consistência, conforme a percentagem de cada um dos seus constituintes. Na composição da lecitina de soja é possível encontrar fosfatídeos, fitoglicolípidos, triglicéridos, fitoesteróis e ácidos gordos livres.

Sendo os fosfatídeos os seus maiores constituintes, estes encontram-se em abundância e assumem vários tipos. Na lecitina os compostos presentes em maior abundância são a fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, fosfatidilinositol, ácido fosfatídico e fosfatidilserina. É ainda possível agrupar todos os tipos de lecitina, consoante a sua forma de tratamento para obtenção das características finais, em seis grandes grupos: clarificada, fluidizada, composta, hidroxilada, sem óleo e fracionada.

A obtenção de lecitinas pode surgir através de diversas sementes como o milho, algodão, amendoim, girassol e soja, sendo esta última a que permite a obtenção de um maior volume de lecitina comercial. A sua formação dá-se na etapa de desgomagem de óleo bruto, quando a mistura de óleo e água é encaminhada para centrifugação, posteriormente as lecitinas podem ainda ser secas consoante a sua futura aplicação. Os fosfatídeos hidratáveis presentes na mistura precipitam e a força centrífuga exercida possibilita a separação dos dois novos compostos, o óleo desgomado e a lecitina.

Atendendo à sua capacidade de formação de emulsões, a existência da etapa de desgomagem nas unidades de extração torna-se indispensável, pois caso contrário poderiam surgir bastantes problemas nas seguintes etapas do processo na fase de refinação.

As aplicações da lecitina são variadas e podem dividir-se em dois grandes sectores, no sector alimentar, desde margarina e chocolate e a nível industrial desde cosméticos, produtos farmacêuticos e uma variada gama de produtos de revestimento [11]. Também a sua aplicabilidade a nível terapêutico começa a ser estudada apesar de até agora os resultados não se mostrarem conclusivos.

2. Materiais e Métodos

A componente experimental da dissertação envolveu a realização de experiências numa das unidades fabris, denominada por Fábrica II, de modo a alcançar resultados fidedignos bem como comprovar que parâmetros selecionados seriam aplicáveis na fábrica. Após o estudo da literatura relativamente ao processo de desgomagem e encontrados os parâmetros que poderiam ter mais impacto no processo, foram definidas variações de parâmetros na unidade fabril como:

- Caudal de óleo à entrada das centrífugas;
- Caudal de água à entrada do tanque misturador;
- Temperatura do óleo cru à entrada das centrífugas;
- Contrapressão das centrífugas.

As experiências levadas a cabo na Fábrica II envolveram a recolha de amostras de óleos, lecitinas, farinhas e miscela. Para além da recolha de amostras foi necessária a realização de análises laboratoriais no laboratório de controlo de qualidade da Sovena Oilseeds Portugal, relativas a alguns parâmetros como:

- Teor em fósforo e humidade nos óleos;
- Teor em gordura e humidade nas lecitinas;
- Teor em gordura e humidade nas farinhas;
- Teor de óleo na miscela.

Foram realizadas várias visitas à Fábrica II com o intuito de recolher as amostras, onde em cada uma delas, foram estabelecidos previamente os valores dos parâmetros em estudo. Os parâmetros e respetivos valores encontram-se listados na Figura 2.1.

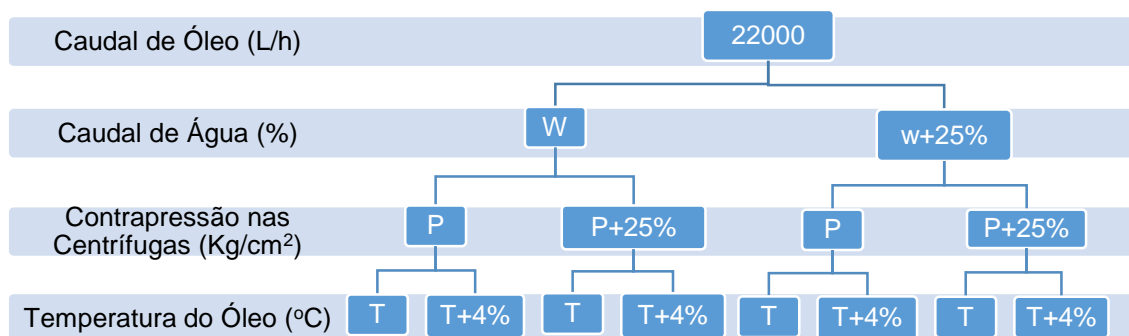


Figura 2.1 – Organograma com os Parâmetros e Condições Experimentais Estabelecidas em Cada uma das Recolha.

2.1. Óleo Cru

2.1.1. Teor de Humidade

O método aplicado na determinação da humidade no óleo cru foi o método interno IA.30/01, cuja adaptação foi feita partir do manual de instruções do equipamento *787 KF Titrino*. Os materiais e equipamentos de laboratório necessários para aplicação do método em questão são, uma balança analítica de precisão 0,0001 g, um gobelé de 100 ml, pipetas *Pasteur* descartáveis de 3 ml, uma seringa de 10 µL e um titulador *787 KF Titrino, Metrohm*. São também necessários os seguintes reagentes: água destilada, solução de clorofórmio + solvente *Hydranal* 3:1 bem como titulante *Hydranal* [36].

Procedimento Experimental

A instrução de trabalho encontra-se dividida em duas etapas, sendo a primeira meramente para calibração o equipamento. O aparelho calcula e apresenta o valor de humidade na amostra automaticamente e expresso em percentagem.

Determinação do título da Solução

1. Encher o copo do equipamento com solução de clorofórmio + solvente *Hydranal* até aos 50 mL;
2. Carregar em *Start* para condicionar com o titulante;
3. Selecionar o modo *Titer with H₂O or std* e seguidamente carregar em *Start*;
4. Introduzir com o auxílio da seringa, a massa de água conhecida;
5. Carregar em *Calc Data* e introduzir o valor da massa. O título é calculado automaticamente.

Determinação da Humidade no Óleo

1. Encher uma pipeta *Pasteur* com o óleo a analisar, limpando-a de seguida eliminando o óleo do seu exterior e colocá-la invertida no interior do gobelé previamente posicionado na balança. Carregar em “TARA”;
2. No titulador *787 KF Titrino* selecionar o modo “*KFT*”;
3. Carregar em “*START*”;
4. Introduzir com a pipeta *Pasteur* descartável, previamente tarada, três a quatro gotas do óleo a analisar e carregar “*ENTER*”. Pesar a massa de óleo introduzida no equipamento, voltando a colocar a pipeta na balança;

5. No teclado carregar em “*CALC DATA*” seguido de “*ENTER*” e introduzir o valor conhecido de massa. Seguidamente carregar novamente em “*ENTER*” e duas vezes em “*QUIT*” e o equipamento após a titulação, apresenta automaticamente o resultado.

2.1.2. Teor de Fósforo

Para a determinação do teor de fósforo no óleo foi aplicado o método interno, cuja instrução de trabalho é, IA. 28/03, a qual foi adaptada segundo o método AOCS Ca 20-99 e a IA. 115/01. Esta análise permite também obter a composição do teor de cálcio e magnésio presente em casa amostra [37].

Em termos de material e equipamento de laboratório é necessário uma balança analítica com uma precisão de 0,0001 g, balões volumétricos de 25 ml com respetivas tampas, um doseador automático de 50 ml, um espectrofotómetro de emissão atómica por plasma (modelo *ICAP 6000 series ICP, Thermo Scientific*), com ligação a um computador cujas condições de funcionamento se encontram registadas na IA. 28/3, pipetas *Pasteur* descartáveis de 3 ml e tubos de ensaio de polipropileno de 10 ml com respetivo suporte. Os reagentes requeridos para a aplicação do método em questão são: queroseno, óleo branco com uma viscosidade de 20 cSt, padrão multielementar com uma concentração de 10 ppm e xileno. O valor final é apresentado pelo equipamento em ppm e arredondado à unidade.

Tabela 2.1 - Parâmetros a Calibrar no Equipamento [37].

| | | |
|--------------------|--------------------------------|--|
| Sução da Amostra | Velocidade de Flush | 25 rpm |
| | Velocidade de Análise | 25 rpm |
| | Tempo de Estabilização | 10 s |
| | Tipo de Tubo | Amostra: <i>Viton Orange-White</i> Esgoto: <i>Viton White-White</i> |
| Condições da Fonte | Gama de Comprimentos de Onda | Baixa/Alta |
| | Potência | 1115 W |
| | Caudal do Gás Auxiliar | 1,5 L/min |
| | Caudal do Gás do Nebulizador | 0,45 L/min |
| | Caudal do Gás de Arrefecimento | 14 L/min |
| | Altura Radial de Leitura | 10 m |

Procedimento Experimental

1. Antes de iniciar a preparação da amostra e realizar a etapa de calibração do aparelho de *ICP* quando recorrendo à Tabela 2.1;
2. Colocar um balão volumétrico na balança analítica e carregar em “TARA”;
3. Encher uma pipeta *Pasteur* com a amostra de óleo que queremos analisar e colocar aproximadamente 0,5 g no balão volumétrico previamente tarado. Registrar o valor exato da quantidade de óleo colocada no interior do balão para posterior introdução no espectrofotómetro;
4. Adicionar aproximadamente 2 g de óleo branco;
5. Perfazer os 25 ml do balão volumétrico com queroseno, tapar e agitar;
6. Transferir cerca de 10 ml da amostra contida no balão para um tubo de ensaio e posicioná-lo no suporte;
7. Colocar o tubo de ensaio no espectrofotómetro.

2.2. Lecitina

Para além da análise do teor de gordura e humidade na lecitina, paralelamente à recolha da amostra foi realizada a medição do caudal de lecitinas utilizando um recipiente com peso conhecido durante 15 segundos.

2.2.1. Teor de Humidade

A determinação da humidade nas lecitinas foi realizada seguindo a IA. 23/02, escrita a partir do método AOCS Ca 2a-45. Para a aplicação desta instrução de trabalho o material necessário é, adaptador para condensador, balança analítica de precisão 0,1g, balão de 250 ml com esmerilado IN 29/32, um condensador, estufa elétrica 120 ± 3 °C, manta de aquecimento, papel de alumínio, um tubo de recolha graduado de 10 ml e uma vareta de vidro. O único reagente utilizado na implementação desta intrução é o tolueno. Para proceder ao cálculo do valor da humidade na lecitina, utilizar a Equação 2.1 que nos apresenta o valor final em percentagem [38].

$$\text{Humidade (\%)} = \frac{\text{Volume de Água Lido no Tubo de Recolha (ml)} \times 0,997 \left(\frac{\text{g}}{\text{ml}} \right)}{\text{Peso da Amostra colocado no Balão Volumétrico (g)}} \times 100$$

Equação 2.1 – Cálculo do Teor de Humidade na Lecitina [38].

Procedimento Experimental

1. Homogeneizar a amostra de lecitina com a vareta de vidro;
2. Pesar aproximadamente 10 g de lecitina para o balão volumétrico;
3. Acoplar ao balão volumétrico o tubo de recolha de água e o adaptador do condensador;
4. Encher o tubo de recolha com tolueno e deixar transbordar para o balão volumétrico de modo a que a amostra fique bem mergulhada no reagente;
5. Acoplar o condensador, ligar o aquecimento e a água.
6. Envolver o tubo de recolha em papel de alumínio, para uma melhor conservação de calor, e deixar ferver até que não existam bolhas de água agarradas às paredes do tubo e que o solvente esteja límpido;
7. Desligar o aquecimento e a água. Quando arrefecido, com a ajuda de um arame libertar as restantes bolhas que possam ter ficado agarradas às paredes do tubo de recolha e ler o volume final de água;
8. Proceder aos cálculos utilizando a Equação 2.1.

2.2.2. Teor de Gordura

O teor de gordura na lecitina, tal como a humidade foi calculado com a ajuda da IA. 23/02. Para a determinação do teor de gordura para além de ser necessário todo o material presente na análise de humidade da lecitina, pois este acaba por ser uma continuação do 2.2.1. Teor de Humidade, é necessário o seguinte material e equipamento de laboratório, balança analítica de precisão 0,0001 g, Balão de *Erlenmeyer* de 250 ml com respetiva tampa, Balão de *Kitasato* de 1000 ml, exsiccador com sílica-gel, estufa elétrica 100 ± 3 °C, funil de *Büchner* de 100 ml, gobelé de 100 ml, papel de alumínio, papel de filtro de 125 mm, pipeta graduada de 5ml, pompete, sistema de vácuo e vareta de vidro. O único reagente utilizado para esta análise é a acetona.

A Equação 2.2, permite calcular o teor de Gordura na lecitina e apresenta o seu resultado final em percentagem [38].

$$= \frac{\text{Gordura (\%)}}{\text{Copo Completo com o Resíduo (g)} - \text{Peso do Copo Completo Depois de Lavado e Seco (g)}} \times 100$$

Equação 2.2 – Cálculo do Teor de Gordura na Lecitina [38].

Procedimento Experimental

1. Acoplar ao balão volumétrico utilizado na análise da humidade, com a mistura de lecitina e tolueno, o condensador universal para proceder à recolha do restante tolueno. Ligar o aquecimento e a água;
2. Quando a mistura elevar a sua fervura, desligar o aquecimento e colocar o balão volumétrico na estufa durante 45 minutos de modo a eliminar os restantes vestígios de tolueno. Terminado o tempo colocar no exsiccador até arrefecer;
3. Colocar dentro do gobelé a vareta de vidro e o papel de filtro devidamente dobrado e levar à estufa para esterilização do material. Retirar e colocar no exsiccador. Quando arrefecido, proceder à sua pesagem.
4. Guardar o papel de filtro num outro gobelé e tapar com papel de alumínio;
5. Juntar ao gobelé a quantidade de amostra retirada do balão volumétrico com a ajuda da vareta de vidro;
6. Adicionar acetona ao gobelé com o resíduo e com a ajuda da vareta de vidro dissolver toda a gordura que a amostra contém;
7. Tapar o copo juntamente com a vareta com papel de alumínio e colocar no congelador de um dia para o outro;
8. Colocar no congelador um *Erlenmeyer* com acetona e deixar igualmente de um dia para o outro para posterior utilização;
9. Proceder à montagem do equipamento para proceder à filtração vácuo, colocando no funil o papel de filtro previamente tarado e guardado.
10. Voltar a misturar com a vareta a amostra guardada no congelador e proceder à filtração. Há medida que a mistura de acetona com resíduos é filtrada, adicionar novamente uma quantidade de acetona com a pipeta. Utilizar a acetona anteriormente guardada no congelador para proceder às várias limpezas do papel de filtro, vareta de vidro e copo de precipitação até que não sejam visíveis manchas de gordura;
11. Desligar o sistema de vácuo e retirar o papel de filtro do funil de *Büchner*, dobrar e voltar a colocar dentro do copo que anteriormente continha a amostra, juntamente com a respetiva vareta de vidro e levar à estufa, durante uma hora. Arrefecer com a ajuda de um exsiccador e pesar.
12. Proceder aos cálculos recorrendo à Equação 2.2.

2.3. Farinha

2.3.1. Teor de Humidade na FE

Para a determinação de teor de humidade foi necessário recorrer à instrução de trabalho IT. GS. 02/04, mas a análise é efetuada recorrendo ao instrumento da *Mettler Toledo MJ33* que calcula automaticamente o valor da humidade na amostra colocada no seu interior. Para proceder à aplicação desta análise é necessário uma espátula, *Mettler Toledo MJ33* e picadora 123 *Moulinex*. O resultado final é apresentado em percentagem no visor do equipamento [41].

Procedimento Experimental

1. Colocar a farinha no recipiente próprio para o efeito e levar à estufa durante uma hora de modo a eliminar o resíduo de hexano;
2. Retirar a amostra da estufa, deixar arrefecer e triturar até a farinha apresentar um aspeto semelhante a pó;
3. Ligar o equipamento *Mettler Toledo* carregando em “Start”. Se a balança interior não estabilizar, carregar em “0/T”, para tarar o prato;
4. Colocar no seu interior aproximadamente 6 g, da amostra a analisar e reservar a restante amostra num frasco de vidro para posterior utilização em 2.3.3. Teor de Gordura;
5. Fechar o equipamento. Quando a análise terminar o resultado é apresentado automaticamente no visor do equipamento.

2.3.2. Teor de Humidade na F

A instrução de trabalho IA. 57/02 permite determinar o teor de humidade na farinha e tem como referências os métodos oficiais AOCS Ac 2-41, AOCS Ba 2-38, AOCS Ai 2-75 e o manual de instruções do *LECO TGA701*. O material e equipamento necessário para a realização da análise é, uma balança analítica com precisão 0,0001 g, copos de pesagem do *LECO TGA701* ligado a um computador provido com o *software* necessário, e uma espátula. O equipamento, dada por terminada a análise, apresenta automaticamente o resultado final expresso em percentagem [40].

Procedimento Experimental

1. Colocar na balança analítica um copo de pesagem do *LECO TGA701* para contabilizar aproximadamente 4 g da amostra de farinha a analisar;
2. Colocar a amostra pesada, no copo de pesagem previamente tarado e na sua respetiva posição do *LECO TGA701*;
3. Após duas horas e terminada a análise selecionada, o resultado aparece automaticamente dando assim a análise por terminada.

2.3.3. Teor de Gordura

O método empregue para a determinação do teor de gordura nas farinhas, IA. 51/02, tem por base o manual de instruções do equipamento Soxtec™ HT6 e o método oficial AOCS Ba 3-38. Os materiais e equipamentos necessários são, algodão, balança analítica DE precisão de 0,0001 g, cartuchos de extração 33/80 e respetivos anéis, copos metálicos, espátula, estufa elétrica regulada a $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, exsiccador com sílica-gel, extrator Soxtec™ 2050 e moinho RETSCH ZM100. O único reagente necessário para proceder à análise é o hexano. De modo a chegar ao resultado final, várias pesagens são efetuadas durante a análise e que posteriormente são substituídas na Equação 2.3 que apresenta o resultado em percentagem [42].

$$\text{Teor de Gordura (\%)} = \frac{\text{Massa do Óleo no Copo Após a Extração (g)}}{\text{Peso da Amostra Colocada no Cartucho de Extração (g)}} \times 100$$

Equação 2.3 - Cálculo do Teor de Gordura na Farinha [42].

Procedimento Experimental

1. Inserir a amostra o moinho RETSCH ZM100 e após a moagem reservar a amostra num frasco de vidro. No caso, da análise ser aplicada à farinha à saída do extrator, utilizar a amostra guardada em 2.3.1. Teor de Humidade ;
2. Identificar os copos metálicos previamente secos na estufa e arrefecidos no exsiccador;
3. No caso da farinha a analisar ser a da saída do DTDC, pesar cerca de 4 g para um cartucho de extração. Para a farinha à saída do extrator pesar cerca de 5 g;
4. Selar o cartucho com uma pequena quantidade de algodão e colocar o anel;
5. Colocar os cartuchos no suporte e caso da farinha a analisar seja a da saída do DTDC, colocar durante 45 min na estufa;
6. Colocar os cartuchos de extração no aparelho Soxtec™ 2050, previamente ligado;
7. Dispor os copos metálicos previamente identificados e tarados na respetiva posição;
8. Elevar a tampa do aparelho e colocar 60 ml de hexano;
9. A análise tem início quando o aparelho atinge o $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os tempos das operações são controlados automaticamente pelo aparelho, uma vez que se encontra programado para o efeito;
10. Dada a análise como terminada pelo aparelho, levar os copos com a gordura residual à estufa durante 45 minutos, para que o restante solvente seja eliminado;
11. Arrefecer os copos no exsiccador. Quando arrefecidos pesar e proceder à realização dos cálculos utilizando Equação 2.3.

2.4. Miscela

2.4.1. Teor de Óleo

A instrução de trabalho IA. 16/02 permite determinar o teor de matérias voláteis presentes num óleo, como tal, na miscela torna-se possível saber a sua percentagem em óleo e hexano. Como referência, é utilizado o método oficial da AOCS Ca 2c-25, e o material e equipamento de laboratório necessário são balança analítica de precisão 0,0001 g, copos de precipitação de vidro de 100 ml, estufa elétrica regulada a 100 ± 3 °C e exsicador de com sílica-gel. A realização desta análise não implica a utilização de nenhum reagente. O teor de óleo na miscela, expresso em percentagem, é determinado pela expressão Equação 2.4 [43].

$$\text{Teor de Óleo (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{Peso Final do Copo (g)} - \text{Peso Inicial do Copo (g)}}{\text{Peso da Amostra (g)}} \right)$$

Equação 2.4 - Cálculo do Teor de Óleo na Miscela [43].

3. Apresentação e Discussão de Resultados

Os conhecimentos adquiridos com a revisão de literatura e funcionamento da unidade de extração da Fábrica II, possibilitaram a fixação de parâmetros processuais e a escolha de pontos de recolha de amostras, de modo a obter uma relação entre a etapa de desgomagem e o teor de gordura residual de gordura.

A cada conjunto de parâmetros fixado foi atribuído um código, e a sua correspondência encontra-se registada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Códigos e Parâmetros Processuais Aplicados na Unidade de Extração de Soja na Fábrica II.

| Código da Amostra | Caudal de Óleo (L/h) | Caudal de Água (%) | Contrapressão nas Centrífugas (Kg/cm ²) | Temperatura do Óleo à Entrada das Centrífugas (°C) |
|-------------------|----------------------|--------------------|---|--|
| A | 22000 | W | P | T |
| B | 22000 | W | P | T+4% |
| C | 22000 | W | P+25% | T |
| D | 22000 | W | P+25% | T+4% |
| E | 22000 | W+25% | P | T |
| F | 22000 | W+25% | P | T+4% |
| G | 22000 | W+25% | P+25% | T |
| H | 22000 | W+25% | P+25% | T+4% |

A discussão de resultados, relaciona os resultados obtidos das análises feitas aos diferentes produtos, com cada um dos códigos e consequentemente com os parâmetros processuais estabelecidos para essa recolha.

Ao longo do estudo, foram estabelecidos 17 pontos de amostragem para recolha de óleo cru, miscela, farinha e lecitina. No caso do óleo foram efetuadas análises ao teor de fósforo e humidade, na farinha e lecitinas, ao teor de gordura e humidade e na miscela ao teor em óleo.

No caso do óleo, foram selecionados quatro pontos de amostragem, um à saída da bomba P22, que é responsável por bombear o óleo não desgomado (OND) ao tanque misturador (503), um à saída de cada uma das centrífugas após a etapa da desgomagem (ODC1 e ODC2) e o último à saída de fábrica (OSF).

Relativamente à farinha foram selecionados dois pontos de amostragem, o primeiro à saída do extrator (F44E ou F47,5E) e o segundo à saída do DTDC (F44 ou F47,5). No caso das lecitinas, foi selecionado um único ponto de amostragem, localizado à saída de cada uma das centrífugas (LC1 e LC2) após a etapa da desgomagem.

Para realizar a curva do teor de óleo presente na miscela ao longo do comprimento do extrator, foram selecionados nove pontos de amostragem correspondentes às nove bombas do extrator em funcionamento, responsáveis pelo transporte da miscela até à etapa da destilação.

3.1. Óleo Cru

3.1.1. Teor de Humidade no OSF

Os resultados obtidos através da análise referida em 2.1.1. Teor de Humidade encontram-se representados sob a forma de gráfico, na Figura 3.1.

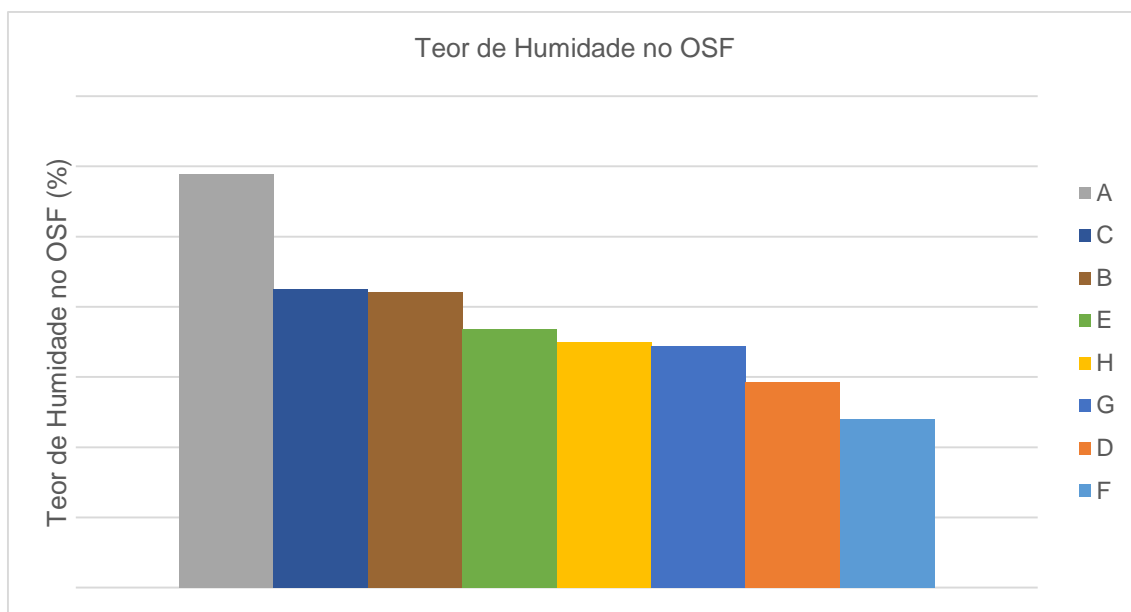


Figura 3.1 - Teor de Humidade no OSF (%).

De modo a associar os resultados obtidos no teor de humidade, com os três parâmetros variáveis ao longo do estudo, encontra-se representado na Figura 3.2 o teor de humidade de cada OSF bem como a correspondente percentagem de água adicionada nessa recolha.

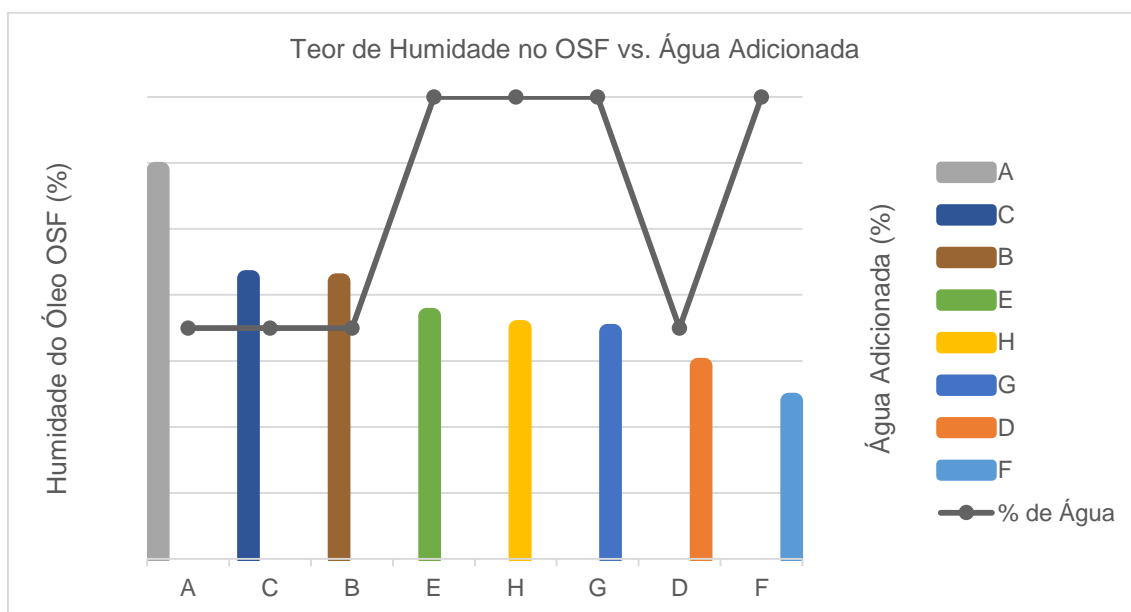


Figura 3.2 - Relação entre o Teor de Humidade no OSF e a Percentagem de Água Adicionada.

Pela observação da Figura 3.2, é possível concluir que por si só, a quantidade de água adicionada não apresenta interferência nos valores do teor de humidade no OSF.

De modo estudar se existe alguma influência ao nível do ODC, foram realizadas 8 experiências utilizando a mesma gama de valores de água adicionada. Os resultados obtidos para o óleo desgomado encontram-se representados na Figura 3.3.

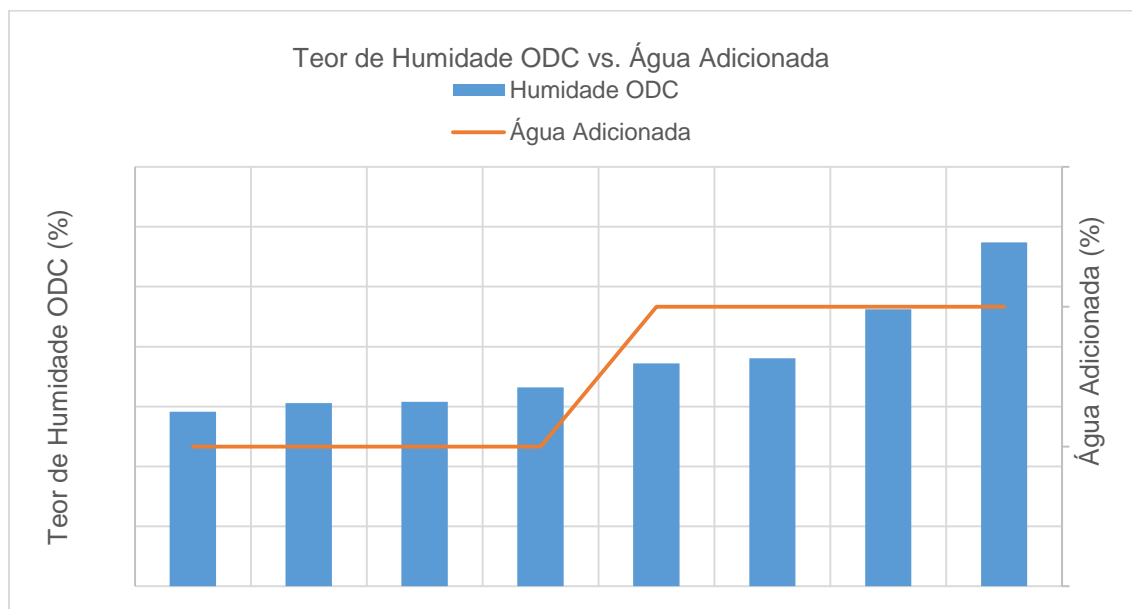


Figura 3.3 - Relação entre o Teor de Humidade no ODC e a Percentagem de Água Adicionada.

Na Figura 3.3 já é possível observar o comportamento do teor de humidade consoante a quantidade de água adicionada. Analisando o gráfico, observa-se que para uma percentagem de água W+25% o teor de humidade no óleo será sempre superior do que para W. Isto acontece graças à existência de uma interface entre óleo e lecitina dentro das centrífugas. Quanto maior é a percentagem de água adicionada maior é a espessura da interface de contacto, que graças à contrapressão aplicada, origina um arraste superior de moléculas de água, originando consequentemente um aumento do teor de humidade tanto no ODC como nas lecitinas.

O óleo após ser desgomado, é encaminhado para o secador de óleo, cuja função é retirar a água que nele se encontra em excesso após a desgomagem.

Assim sendo, é possível concluir que nesta gama de valores e independentemente da percentagem de água adicionada, o secador de óleo consegue dar resposta à eliminação da água de forma análoga, originando óleos com o teor de humidade dentro do objetivo.

Não é possível afirmar que o ODC apresentará um teor de humidade superior para percentagens de água adicionada superiores, nem se o secador poderá fornecer o mesmo tipo de resposta, nessas situações.

Relacionando a mesma análise com a contrapressão aplicada nas centrífugas e temperatura, é possível concluir que também nenhum destes dois parâmetros apresenta uma consequência

direta sobre o teor de humidade no OSF. Só é possível aplicar esta conclusão em relação à gama de valores estudados.

3.1.2. Teor de Fósforo

A monitorização do teor de fósforo, efetuada aos três tipos de óleo crus analisados, mostrou-se essencial na avaliação do peso da etapa de desgomagem bem como, no teor de óleo residual presente na farinha de soja.

Na Figura 3.4 é possível observar a evolução do teor de fósforo no óleo consoante a fase da desgomagem em que este se encontra. O óleo que antecede a etapa de desgomagem, OND apresenta um valor de teor de fósforo variável, dependendo da origem da semente em utilização, da etapa de preparação e outras.

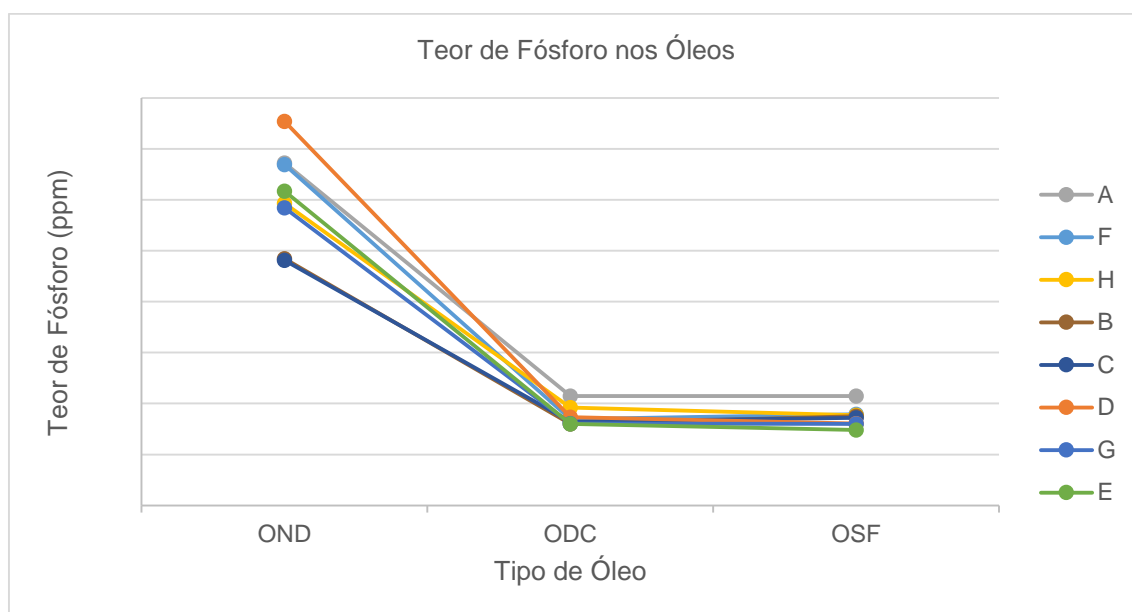


Figura 3.4 - Teor de Fósforo no OND, ODC e OSF (ppm).

As amostras de ODC ainda contêm elevadas percentagens de água na sua constituição, ao contrário das amostras de OSF que já sofreram secagem do óleo. Sendo a natureza da amostra diferente, existe uma ligeira diferença na gama de valores.

O erro associado a esta análise é de 15 ppm e como tal podemos considerar que esta diferença não é significativa e como tal desprezável.

Tabela 3.2 – Redução do Teor de Fósforo Obtido para os Diferentes Tipos de Óleo Cru (%).

| Código da Amostra | Redução do Teor de Fósforo (%) |
|-------------------|--------------------------------|
| A | 31,99 |
| F | 26,76 |
| H | 29,85 |
| B | 36,16 |
| C | 35,76 |
| D | 21,35 |
| G | 27,40 |
| E | 23,99 |

O óleo considerado para efeitos de controlo de produção é o OSF, como tal as comparações com os parâmetros processuais, serão realizadas a partir da análise do seu teor de fósforo.

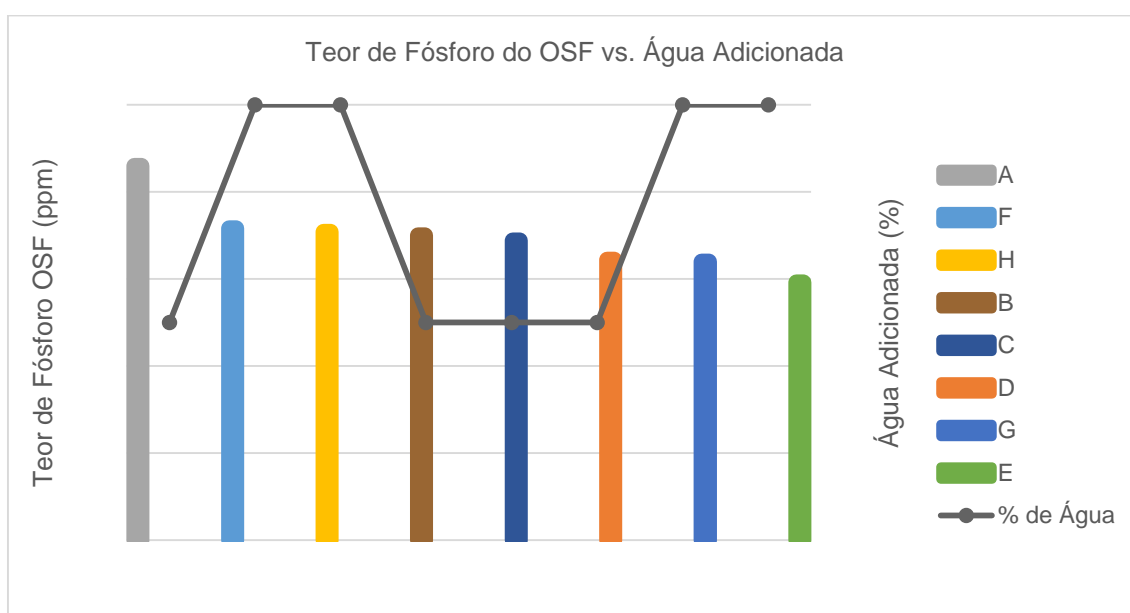


Figura 3.5 - Relação entre o Teor de Fósforo no OSF e a Percentagem de Água Adicionada.

A partir da Figura 3.5 é possível concluir que não existe relação aparente entre o teor de fósforo do OSF e a percentagem de água adicionada na desgomagem. O mesmo acontece para os restantes parâmetros colocados em estudo na Fábrica II, contrapressão nas centrífugas e temperatura do OND. Mais uma vez, é necessário reforçar que estas conclusões só podem ser consideradas para o intervalo de valores colocado em estudo neste trabalho.

3.1.3. Eficiência da Desgomagem

Para os efeitos das conclusões que se seguem, deve entender-se como eficiência de desgomagem, a capacidade da etapa retirar uma percentagem mais ou menos elevada, de fosfatídeos presentes óleo.

A monitorização da eficiência da desgomagem ocorreu paralelamente às análises de teor de fósforo no OND e OSF, uma vez que esta é calculada, através dos valores de fósforo e cálcio obtidos.

O teor de cálcio no OSF é adicionado à equação, pois considera-se que a componente de fosfatídeos não hidratáveis presentes nesse óleo é aproximadamente a correspondente aos sais de cálcio presente no óleo. Estes não sendo hidratáveis, são impossíveis de remover através da etapa de desgomagem em estudo. Na Tabela 3.3 encontram-se as taxas relativas de hidratação de alguns fosfolípidos, quanto maior o seu valor mais fácil é a sua remoção perante a adição de água.

Tabela 3.3 - Taxa Relativa de Hidratação para Exemplos de Fosfolípidos a 80 °C [61].

| Fosfolípido | Taxa Relativa de Hidratação |
|--------------------|-----------------------------|
| PC | 100 |
| PI | 44 |
| PI (sal de cálcio) | 24 |
| PE | 16 |
| PE (sal de cálcio) | 0,9 |
| PA | 8,5 |
| PA (sal de cálcio) | 0,6 |
| Fitosfingolípido | 8,5 |

Para o cálculo da eficiência da etapa de desgomagem recorreu-se à Equação 3.1 utilizando os resultados obtidos em 2.1.2. Teor de Fósforo.

$$\begin{aligned}
 & \text{Eficiência da Desgomagem (\%)} \\
 &= \frac{\text{Teor de Fósforo}_{OSF}(\text{ppm}) - (\text{Teor de Fósforo}_{OND}(\text{ppm}) - \text{Teor de Ca}_{OSF}(\text{ppm}))}{\text{Teor de Fósforo}_{OSF}(\text{ppm})} \times 100
 \end{aligned}$$

Equação 3.1 – Eficiência da Etapa de Desgomagem (%).

Na Figura 3.6 encontram-se os resultados da eficiência para cada um dos códigos e verifica-se que esta pode assumir valores entre os 77 % e os 88 % consoante as condições processuais aplicadas.

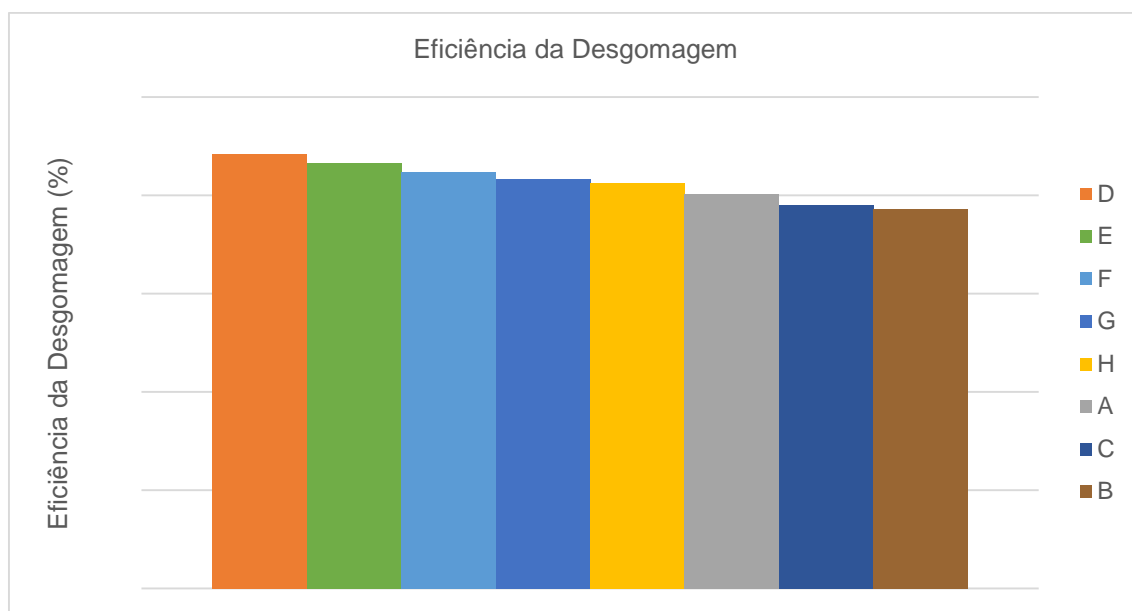


Figura 3.6 - Eficiência da Etapa de Desgomagem (%).

Por observação da Figura 3.6 concluímos que as amostras que apresentaram a maior e menor eficiência são respetivamente a D e B, cuja única diferença, entre as suas condições processuais, é apenas o valor de contrapressão aplicada nas centrífugas, respetivamente de P+25% e P.

Apesar desta diferença significativa nas restantes amostras isto não acontece, não havendo nenhuma outra relação linear entre amostras com condições processuais semelhantes. É possível observar esta afirmação por observação da Tabela 3.4 onde é feita a correspondência entre condições processuais aplicadas e a eficiência da desgomagem obtida segundo essas mesmas condições.

Tabela 3.4 - Resultados Obtidos na Monitorização da Etapa de Desgomagem.

| Código da Amostra | Caudal de Óleo (L/h) | Caudal de Água (%) | Contrapressão nas Centrífugas (Kg/cm ²) | Temperatura do Óleo à Entrada das Centrífugas (°C) | Eficiência da Etapa de Desgomagem (%) |
|-------------------|----------------------|--------------------|---|--|---------------------------------------|
| D | 22000 | W | P+25% | T+4% | 88,33 |
| E | 22000 | W+25% | P | T | 86,55 |
| F | 22000 | W+25% | P | T+4% | 84,75 |
| G | 22000 | W+25% | P+25% | T | 83,39 |
| H | 22000 | W+25% | P+25% | T+4% | 82,46 |
| A | 22000 | W | P | T | 80,36 |
| C | 22000 | W | P+25% | T | 77,96 |
| B | 22000 | W | P | T+4% | 77,27 |

Fazendo a representação dos resultados na Figura 3.7, obtidos no cálculo da eficiência e a percentagem de água inserida, podemos observar que há exceção da amostra D, que apresenta

uma percentagem de água adicionada de W, as restantes amostras encontram-se distribuídas em função da percentagem de água adicionada.

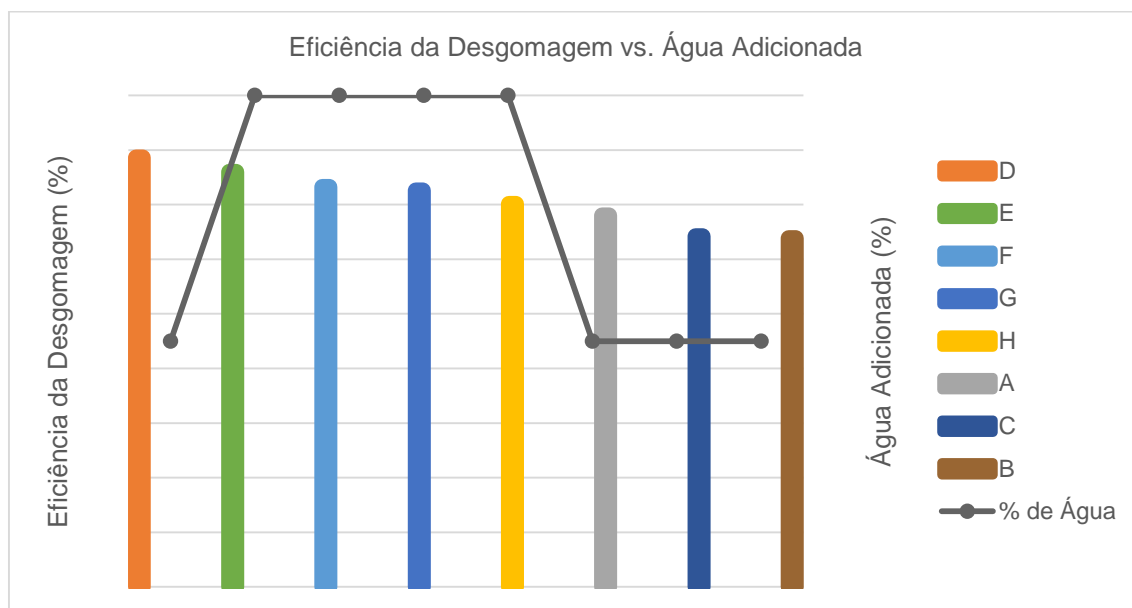


Figura 3.7 - Relação entre a Eficiência da Desgomagem e a Percentagem de Água.

Tal como seria de esperar, as amostras E, F, G e H cuja percentagem de água adicionada é de W+25% apresentam valores superiores de eficiência em relação às amostras A, C e B que apresentam valores inferiores tanto de eficiência como de percentagem de água.

Em relação aos parâmetros de contrapressão nas centrífugas e temperatura do OND, não é possível estabelecer nenhuma relação, pois não apresentam qualquer tipo de tendência em relação à eficiência da etapa.

3.2. Lecitina

As lecitinas podem ser vendidas para a sua posterior incorporação noutros produtos alimentares, no caso da Sovena, a empresa recorre à sua incorporação na farinha de soja.

3.2.1. Teor de Humidade

Apesar de terem sido realizadas análises individuais ao teor de humidade nas lecitinas à saída de cada uma das centrífugas, uma vez que estas se juntam no tanque de recolha 582, os resultados e apreciações seguintes serão realizados com base na média aritmética do seu teor de humidade.

Na Figura 3.8 é possível observar que variando as condições processuais da Fábrica II, o teor de humidade nas lecitinas é variável.

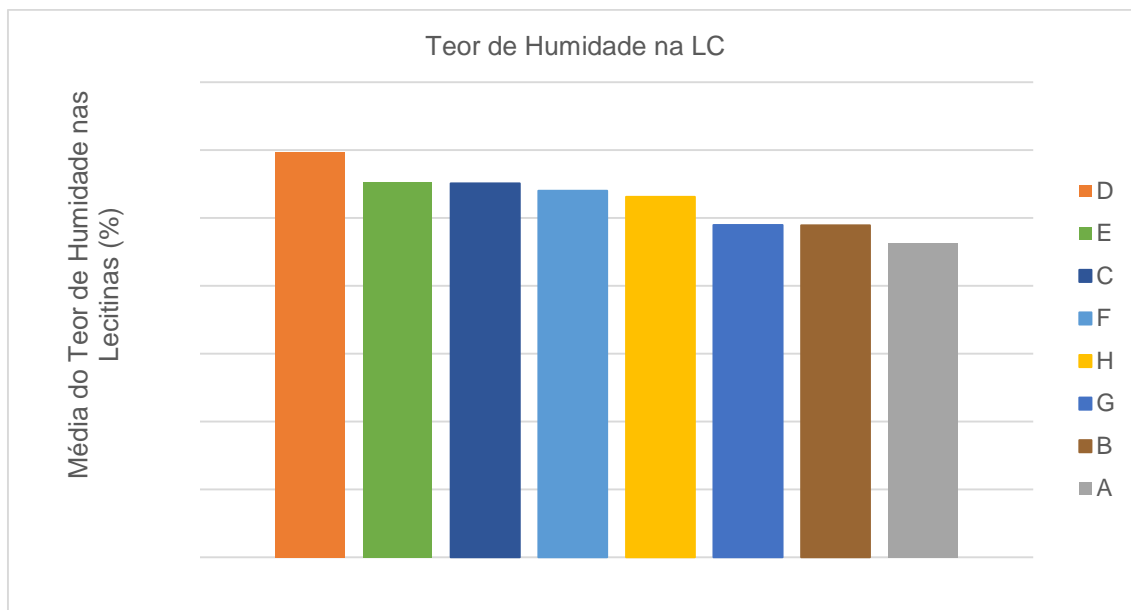


Figura 3.8 - Teor de Humidade na LC (%).

Relacionando o teor de humidade com as diferentes condições de percentagem de água adicionada, contrapressão aplicada nas centrífugas e temperatura não foi possível estabelecer uma relação entre as mesmas, não sendo possível desta forma atribuir um aumento ou decréscimo no teor de humidade a nenhum dos parâmetros processuais aplicados. Esta conclusão é feita com base em cada um dos conjuntos de parâmetros.

Nada pode ser concluído em relação a cada um deles individualmente uma vez que a água, contrapressão e temperatura estão intimamente relacionadas. Ou seja, esta pode não ser aplicável na presença de gamas de valores diferentes dos utilizados neste estudo.

3.2.2. Teor de Gordura

O teor de gordura presente nas lecitinas é com certeza uma das análises mais importantes a ter em conta na conclusão final deste estudo. Graças à introdução das lecitinas, provenientes da etapa de desgomagem no *DTDC*, a farinha proveniente do extrator recebe um acréscimo no seu teor de gordura residual.

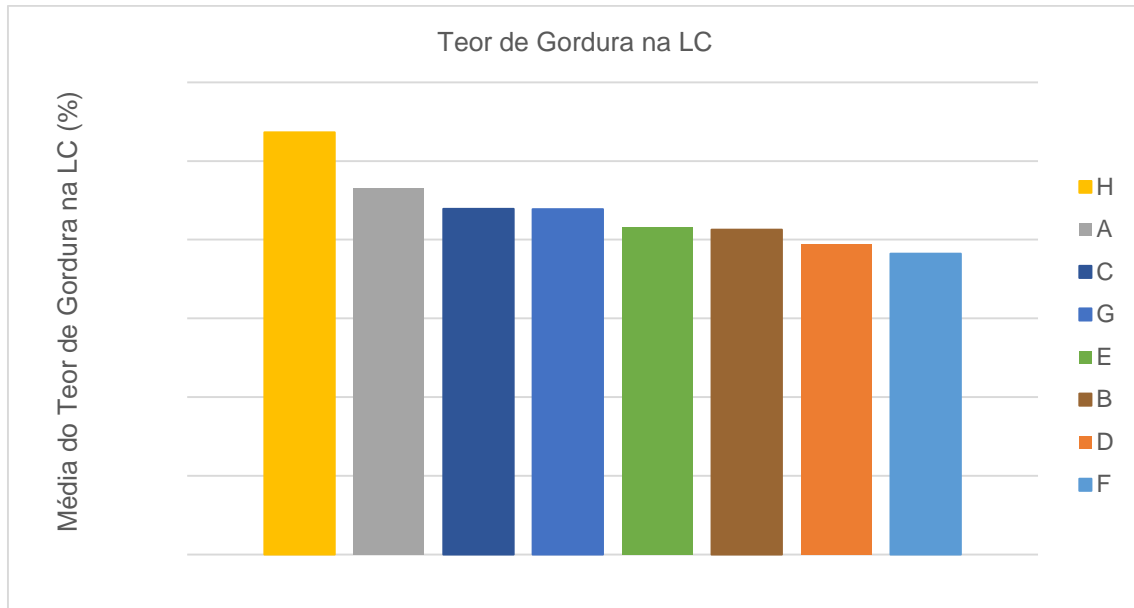


Figura 3.9 - Teor de Gordura na LC (%).

Como é possível observar recorrendo à Figura 3.9, nenhuma das oito amostras recolhidas se encontra dentro dos valores de referência pois todas elas apresentam valores de teor de gordura na lecitina superior ao valor de referência.

Relacionando o teor de gordura com um dos parâmetros previamente definidos, a temperatura do OND, podemos concluir que à exceção da amostra H, o teor de gordura é inversamente proporcional à temperatura de operação de desgomagem. Como é possível verificar na Figura 3.10, quando a temperatura de desgomagem estabelecida foi T o teor de gordura apresentou-se superior em relação à temperatura estabelecida de T+4%. Este resultado era espectável, uma vez que valores de temperatura mais baixos facilitam a reação de hidratação originando lecitinas com densidade superior e consequentemente maiores perdas do teor de óleo.

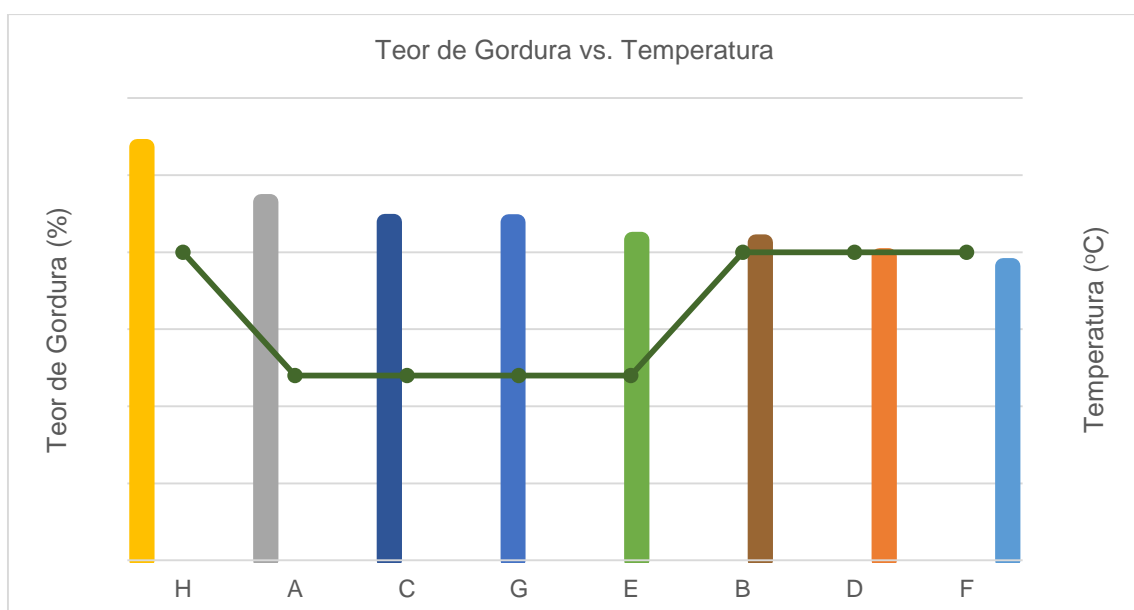


Figura 3.10 - Relação entre o Teor de Gordura na LC e a Temperatura do OND.

Relativamente à percentagem de água adicionada sabemos que esta influencia a quantidade de óleo que se perde nas lecitinas mas tal como na contrapressão aplicada, mais uma vez os resultados obtidos nas respetivas análises não foram conclusivos não apresentando nenhum tipo de tendência em relação ao teor de gordura. Esta conclusão é aplicável para as gamas de valores, estabelecidos nesta dissertação.

3.2.3. Caudal das Lecitinas

Para além do teor de gordura presente nas lecitinas adicionadas na farinha, é bastante importante haver uma medição, da quantidade de lecitinas que lhe é adicionada. Em alguns casos, a adição de uma elevada quantidade lecitina com baixo teor de gordura, pode resultar no equivalente a adicionar uma lecitina com alto teor em gordura mas fornecida em quantidade inferior.

Na Figura 3.11 são apresentados os dados correspondentes à soma dos caudais de lecitinas à saída das duas centrífugas. Examinando ainda a mesma figura podemos constatar que o valor da soma dos caudais é bastante diferente.

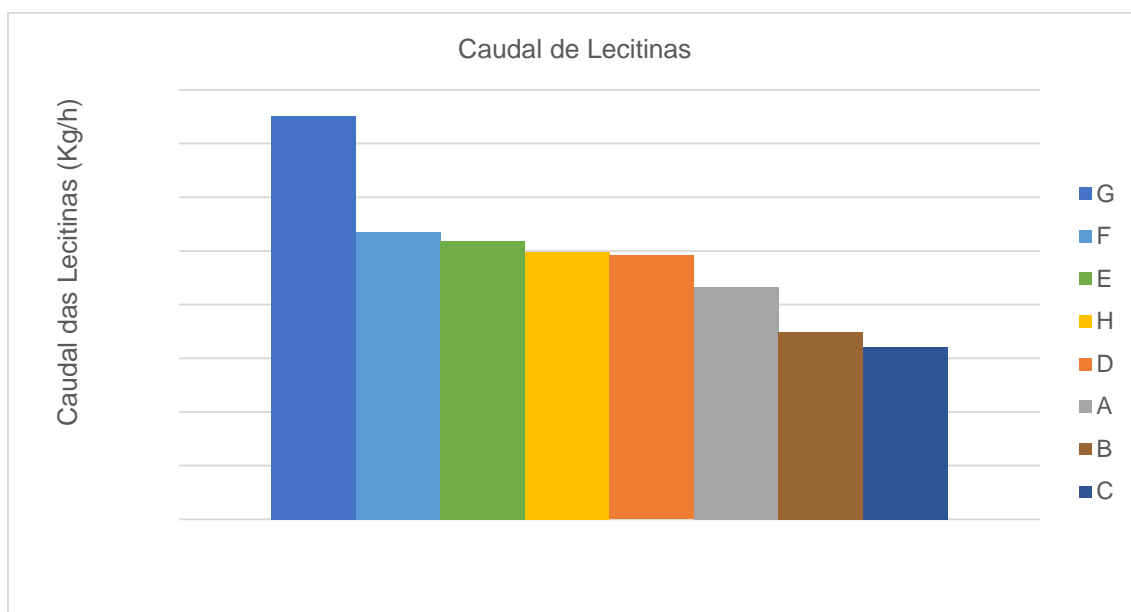


Figura 3.11 - Caudal de Lecitinas à Saída das Duas Centrífugas (Kg/h).

Apesar da quantidade de fosfatídeos hidratáveis no óleo, depender das características da semente e do seu cultivo, é de esperar que o caudal de lecitinas adicionado seja proporcional à percentagem de água adicionada.

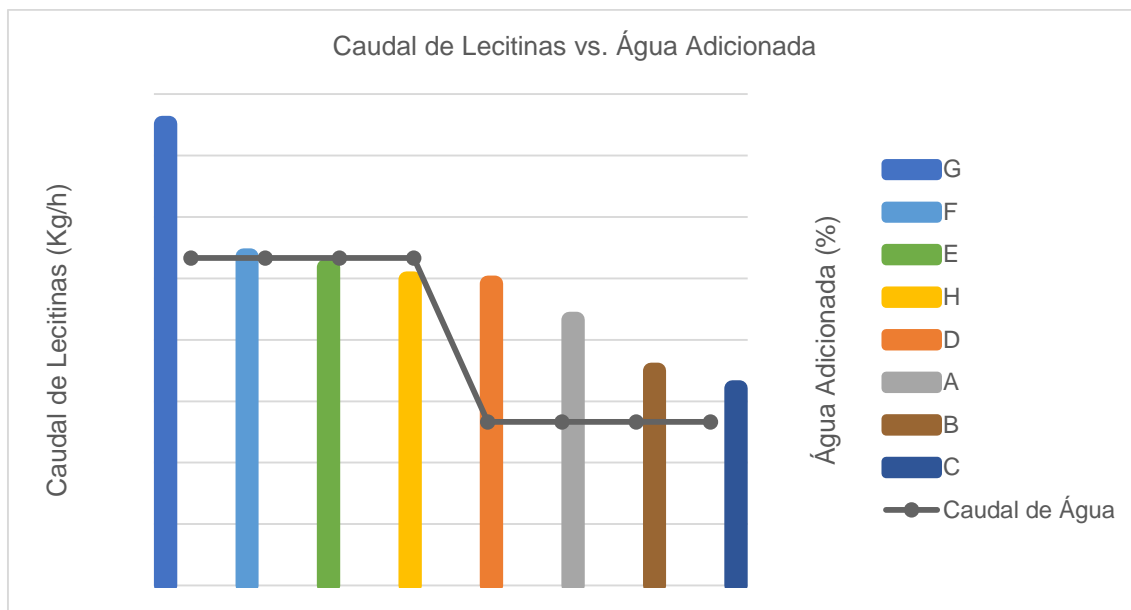


Figura 3.12 - Relação entre o Caudal de LC e a Percentagem de Água Adicionada.

Representada na Figura 3.12 apresenta-se a relação acima referida levando a concluir que consoante a percentagem de água adicionada e independentemente das restantes condições de processo na etapa de desgomagem, o caudal de lecitinas será superior sempre que for fornecida uma percentagem de água superior.

Após o cruzamento dos dados é possível observar que não existe relação aparente, entre o caudal de lecitinas e a temperatura operacional da desgomagem. O mesmo acontece quando fazemos a relação com a contrapressão nas centrífugas.

3.3. Farinha

3.3.1. Teor de Humidade na FE

Na Figura 3.13 é possível observar os resultados relativos ao teor de humidade na farinha à saída do extrator, ou seja, após a extração de óleo com solvente.

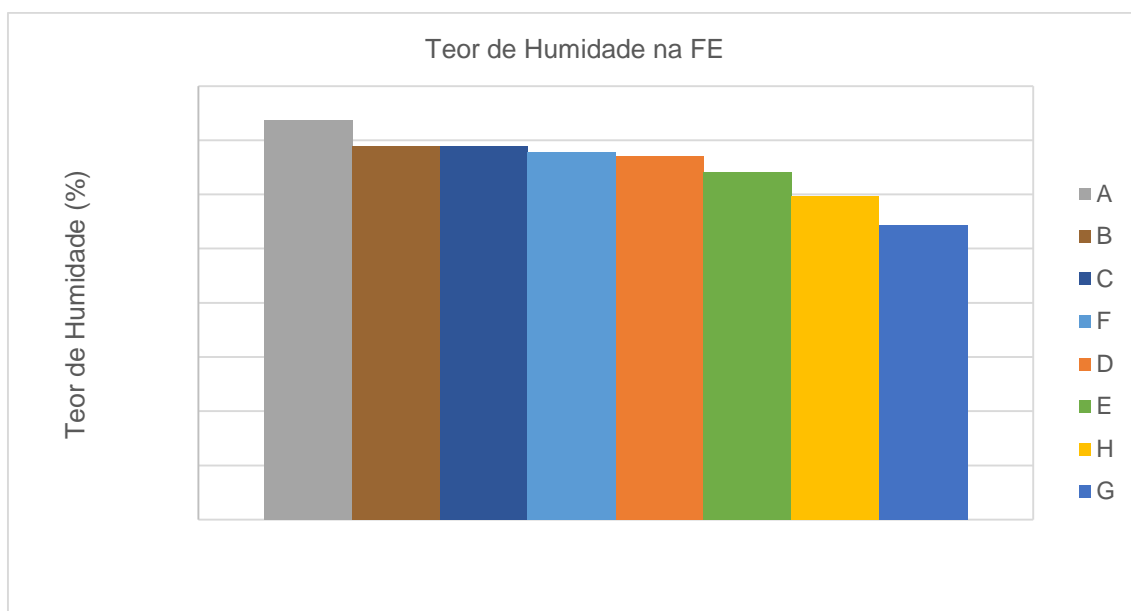


Figura 3.13 - Teor de Humidade na FE (%).

Este parâmetro foi calculado para utilização no cálculo em 2.3.3. Teor de Gordura, uma vez que seguidamente a farinha é dirigida para o *DTDC* e o seu teor de humidade é devidamente ajustado.

Como referido anteriormente, esta é uma etapa que antecede a desgomagem e portanto a sua relação com as condições processuais da mesma, não é aplicável.

3.3.2. Teor de Humidade na F

Como referido anteriormente, a farinha à saída do extrator é encaminhada para o *DTDC*, responsável pela sua dessolventização, cozedura, secagem e arrefecimento, onde o seu teor de humidade é ajustado, antes de ser armazenada.

Ao contrário da FE, a farinha à saída do *DTDC* não passa por nenhuma etapa processual com capacidade de alterar algumas das suas propriedades, nomeadamente a humidade. Segundo o plano de controlo da produção da empresa o teor de humidade com que a farinha deve sair do *DTDC*, já deve ser igual ao especificado.

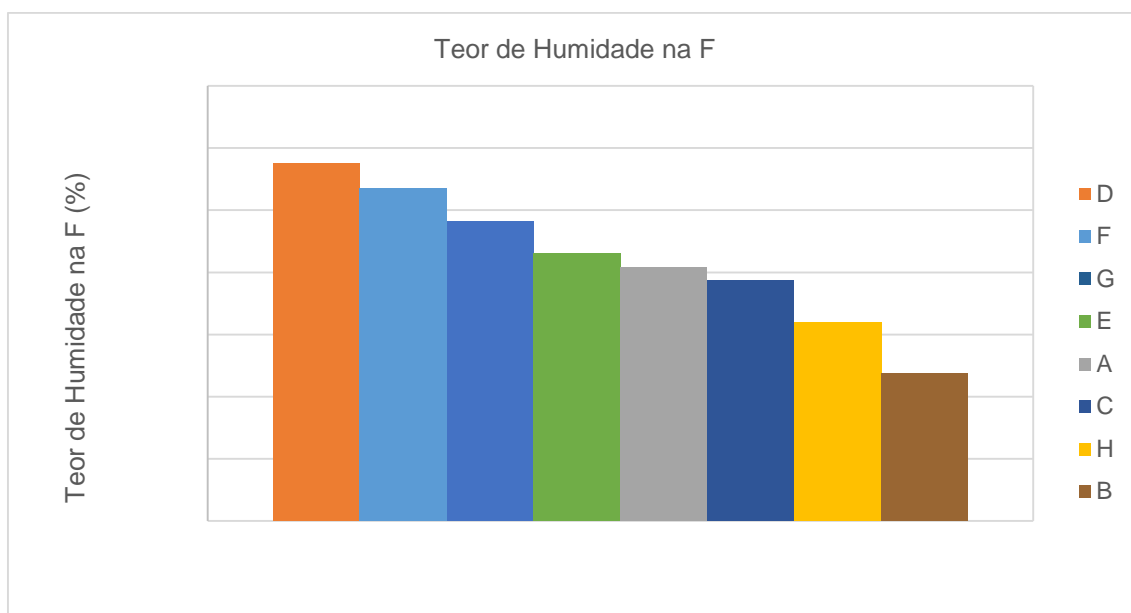


Figura 3.14 - Teor de Humidade na F (%).

No caso das recolhas em análise, a fábrica encontrava-se a produzir farinha 44 em apenas 3 recolhas, a A, D e a H e em cada uma delas o teor de humidade na farinha foi inferior ao valor de referência máximo especificado. Como tal, todas elas se encontravam dentro das especificações.

Comparando os valores de humidade obtidos à saída do extrator com os valores de humidade na farinha à saída de fábrica, podemos concluir que o aumento pode chegar aos 50%, torna-se importante examinar qual é o valor incrementado graças à introdução de lecitinas. Quando estas são introduzidas no 6º piso do *DTDC*, transportam consigo ainda uma percentagem significativa de água e consoante essa, esta pode fazer variar o teor de humidade na farinha à saída do *DTDC*.

Representado na Figura 3.15, encontra-se a variação do teor de humidade entre esta duas etapas, a extração com solvente e a dessolventização, cozedura e secagem (ocorrem as três ao longo do *DTDC*).

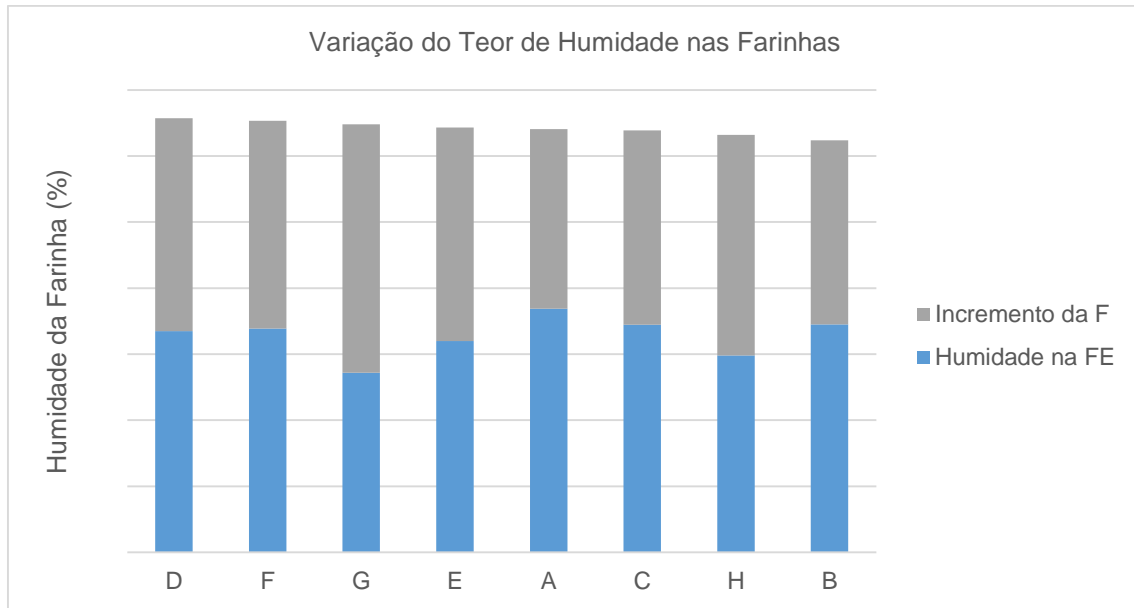


Figura 3.15 - Variação do Teor de Humidade nas Farinhas desde o extrator ao DTDC.

Após estas observações, podemos concluir que será necessário estabelecer uma relação entre o teor de humidade na farinha e a humidade das lecitinas introduzidas, bem como o teor de humidade na farinha e o caudal de lecitinas inserido no DTDC.

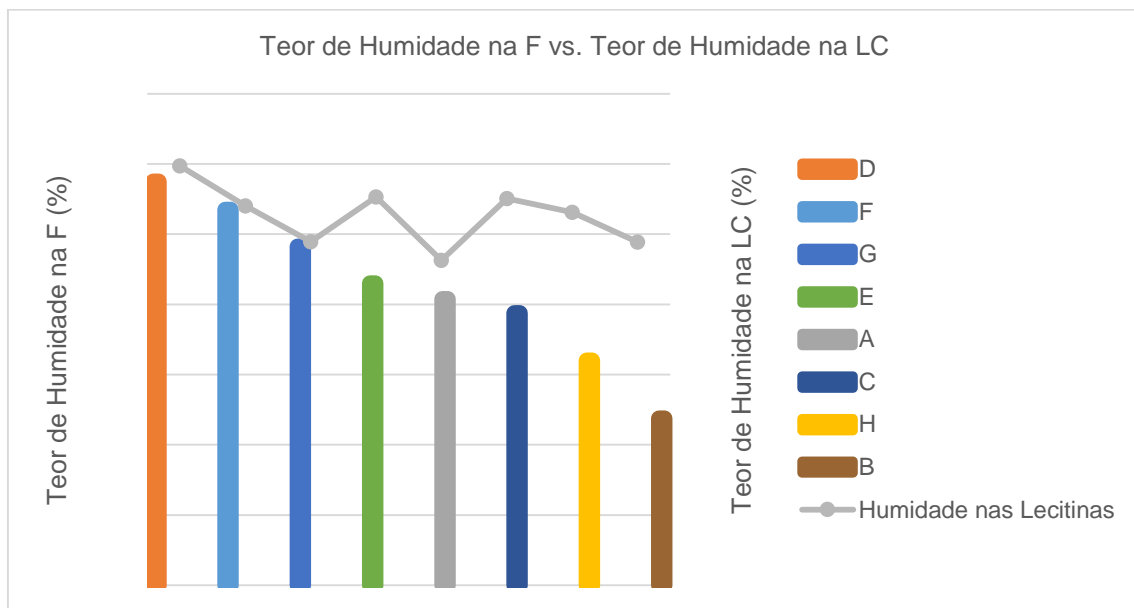


Figura 3.16 - Relação entre o Teor de Humidade na F e o Teor de Humidade na LC.

Olhando para a Figura 3.16, não é possível atribuir o aumento ou diminuição do teor de humidade na farinha, graças à adição de lecitinas.

O mesmo acontece com o caudal de lecitinas, onde é possível observar na Figura 3.17, que apesar de um maior caudal de lecitinas inserido, não existe necessariamente um aumento no teor de humidade na farinha.

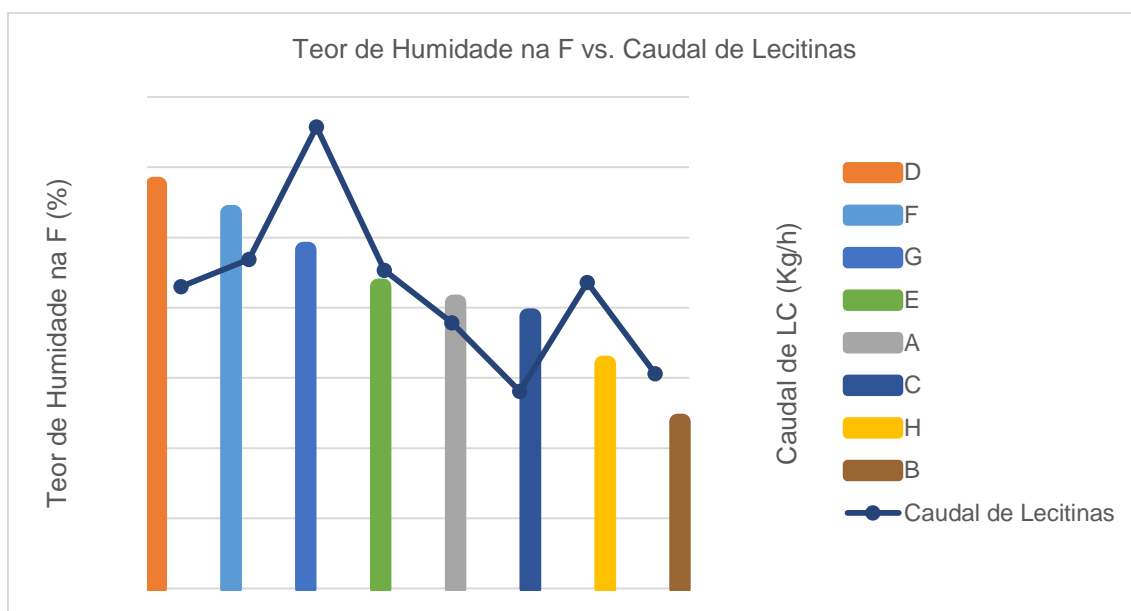


Figura 3.17 - Relação entre o Teor de Humidade na F e o Caudal de LC.

3.3.3. Teor de Gordura na FE

A determinação do teor de gordura na farinha à saída do extrator é outro parâmetro bastante importante a ter em conta nas conclusões finais. Esta análise em conjunto com a 3.3.4 Teor de Gordura na F, permite calcular a percentagem de gordura presente na farinha final que corresponde ao incremento das lecitinas.

Na Figura 3.18, encontram-se registados os resultados obtidos com a análise feita em 2.3.3. Teor de Gordura, onde apenas duas das amostras, a F e C, encontram-se acima dos valores de referência da Sovena.

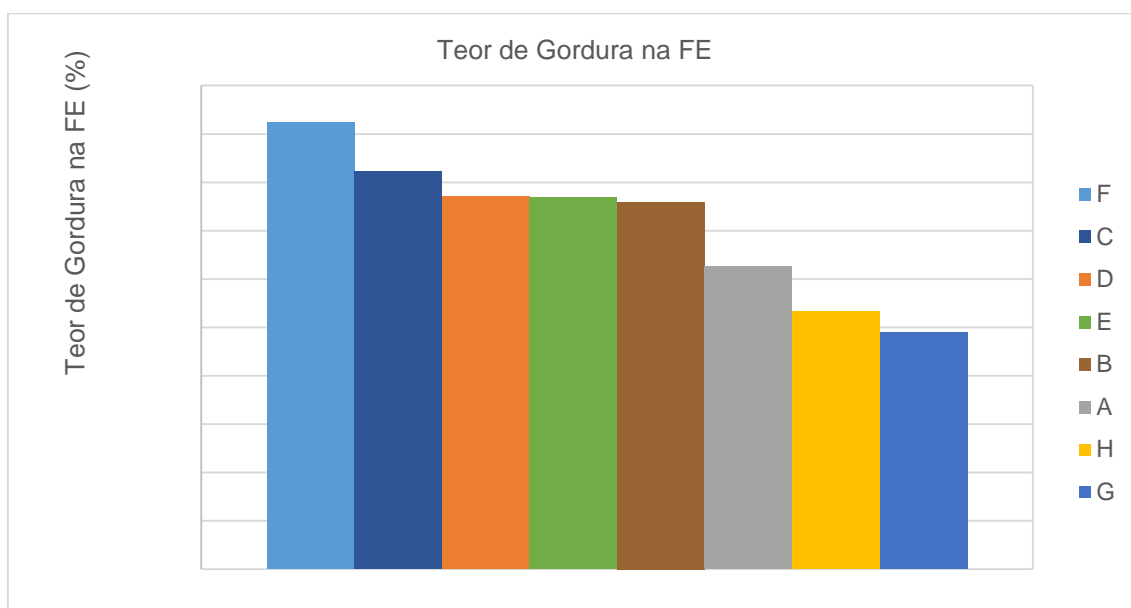


Figura 3.18 - Teor de Gordura na FE (%).

Tendo em conta os resultados obtidos e as suas diferenças, é bastante importante tentar perceber o que originou essas diferenças no teor de gordura da farinha à saída do extrator. Um dos fatores que influencia o valor residual de gordura na farinha, após a sua lavagem com hexano é a velocidade do extrator.

Quanto menor for a velocidade do extrator, maior é o tempo com que a farinha é aspergida com hexano e consequentemente melhor e mais eficiente é o seu contacto.

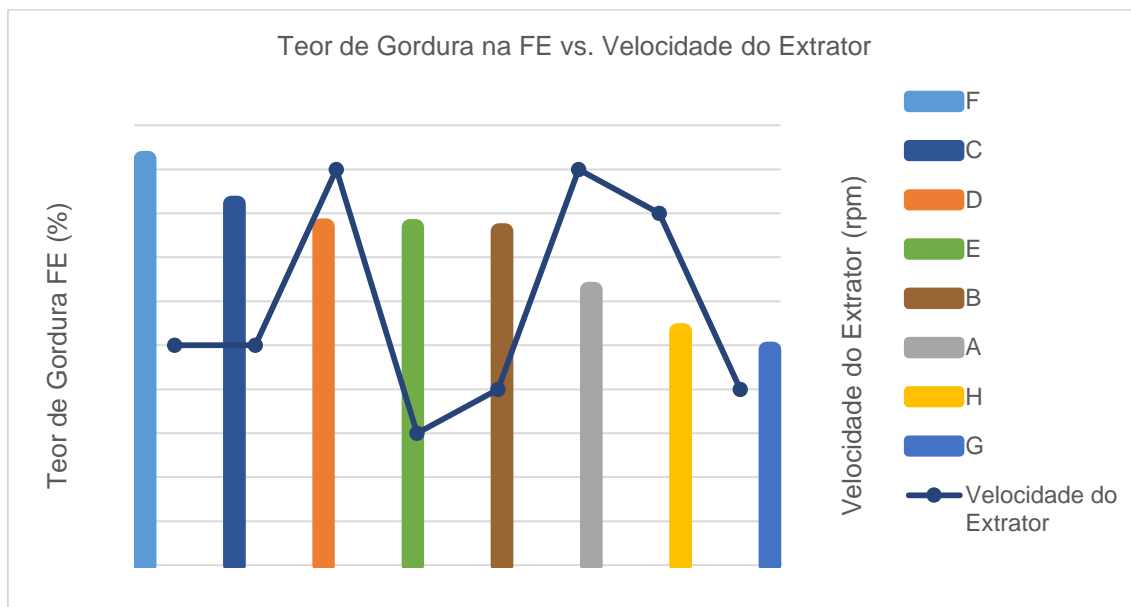


Figura 3.19 - Relação entre o Teor de Gordura na FE e a Velocidade do Extrator.

Fazendo a comparação entre o teor de gordura na farinha à saída do extrator e a velocidade do extrator nesse momento, Figura 3.19, para valores muito semelhantes de velocidade do extrator, obtidas farinhas com teores de gordura bastantes díspares. Este fator é visível analisando em conjunto as amostras B e G e as amostras D e A.

3.3.4 Teor de Gordura na F

Segundo os objetivos da empresa, e recorrendo à Figura 3.20, existem apenas quatro amostras que o cumprem, são estas a A, B, C, G e H.

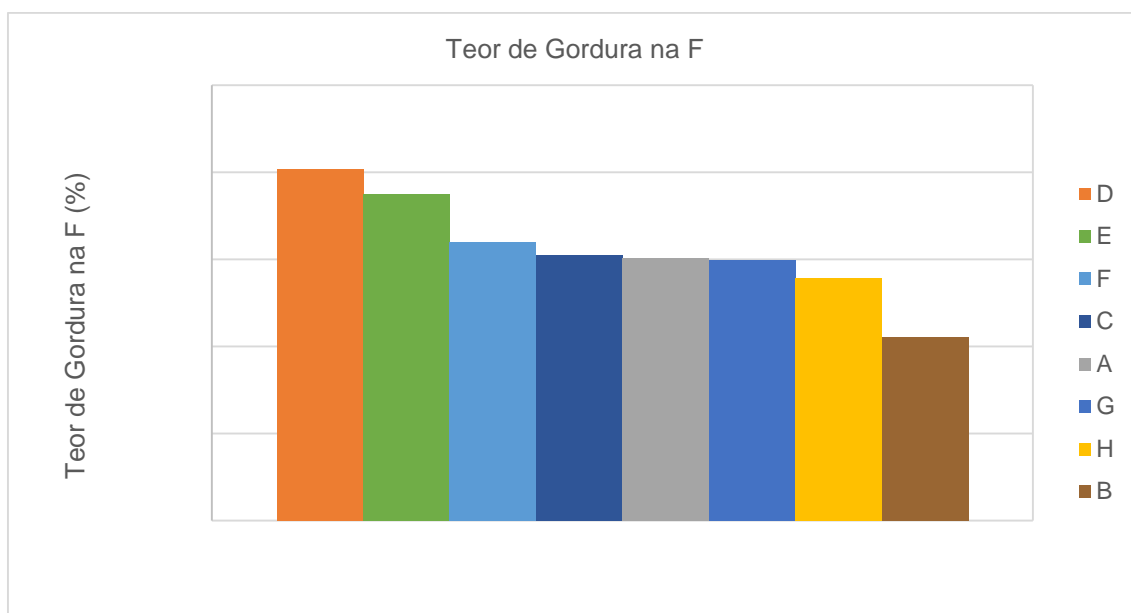


Figura 3.20 - Teor de Gordura na F (%).

Tal como referido na descrição do processo, as lecitinas da Fábrica II são incorporadas na farinha de soja, entrando para o 6º piso do DTDC. Graças à sua composição, ao serem incorporadas na farinha, são um fator de adição de gordura na farinha saída do extrator.

Existem dois parâmetros responsáveis pela adição de gordura na farinha. Este são, o caudal de lecitinas e o teor de gordura das lecitinas, como tal o seu doseamento para o DTDC deve acontecer de forma criteriosa e cuidada de modo a controlar a quantidade de óleo que irão acrescentar no teor de gordura da farinha residual.

De modo a contabilizar a percentagem de gordura adicionada à farinha graças ao incremento das lecitinas é necessário recolher à Equação 3.2. Esta permite-nos, através do conhecimento do teor de gordura na FE e na F, contabilizar a percentagem de gordura proveniente desta adição de lecitinas.

$$\text{Impremento de Gordura (\%)} = \text{Teor de Gordura na F (\%)} - \text{Teor de Gordura na FE (\%)}$$

Equação 3.2 - Incremento do Gordura dado a F graças à Incorporação de Lecitinas no DTDC.

Os valores utilizados para o cálculo e os obtidos através da Equação 3.2, encontram-se apresentados na Tabela 3.5. Os resultados da percentagem do incremento de gordura, encontram-se ordenados a partir da amostra que apresenta maior incremento para a que apresenta menor incremento.

Tabela 3.5 – Incremento de Gordura Adicionado na F Através da Adição de Lecitinas no DTDC.

| | D | E | G | A | H | C | F | B |
|--|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Incremento de Gordura Pelas Lecitinas (%) | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,88 | 0,86 | 0,70 | 0,67 | 0,30 |

Através da análise da Tabela 3.5, é possível constatar que a percentagem de gordura atribuída a cada uma das amostras é variável. Como o único responsável por este incremento de gordura é a etapa de desgomagem, sabemos que este varia com as condições processuais aplicadas na etapa.

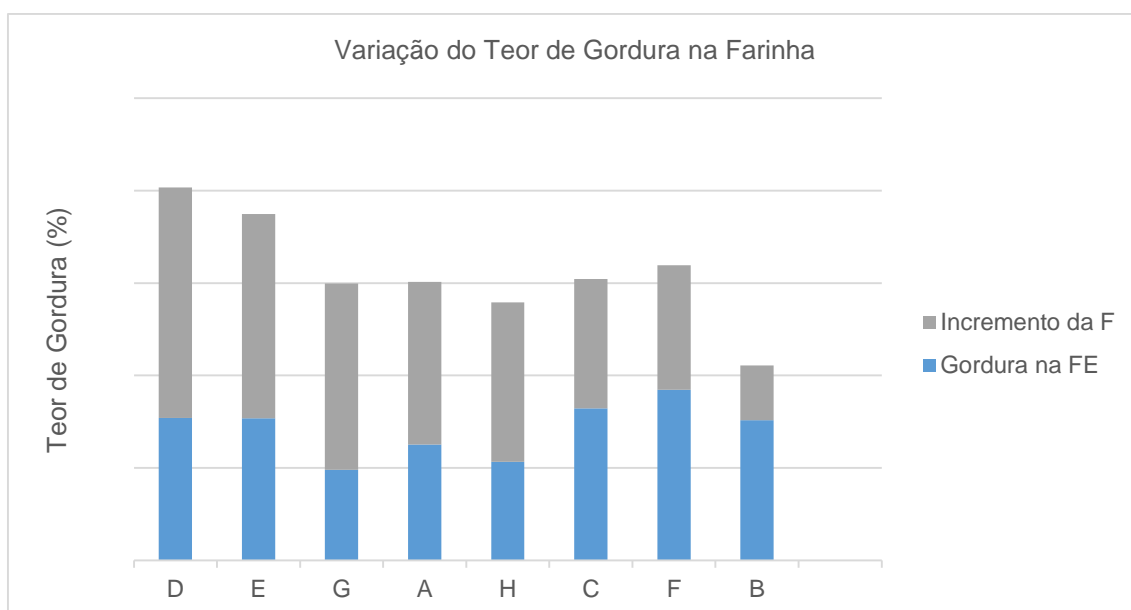


Figura 3.21 - Variação do Teor de Gordura nas Farinhas desde o extrator ao DTDC.

Após observação dos dados, podemos concluir que as condições operacionais da etapa de desgomagem que mais contribuíram para um aumento no teor de gordura na farinha, foram as apresentadas na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Condições Operacionais que Causam um Aumento no Teor de Gordura na F Através da Incorporação de Lecitinas.

| Código da Amostra | Caudal de Óleo (L/h) | Caudal de Água (%) | Contrapressão nas Centrífugas (Kg/cm ²) | Temperatura do Óleo à Entrada das Centrífugas (°C) |
|-------------------|----------------------|--------------------|---|--|
| A | 22000 | W | P | T |
| D | 22000 | W | P+25% | T+4% |
| E | 22000 | W+25% | P | T |
| G | 22000 | W+25% | P+25% | T |

Como tal, estas são as condições processuais que não devem ser aplicadas na etapa de desgomagem da unidade de extração da Fábrica II.

O restante conjunto de condições processuais, que possibilitam uma atribuição de gordura na farinha inferior, são as apresentadas na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Condições Operacionais que Não Causam um Aumento no Teor de Gordura na F Através da Incorporação de Lecitinas.

| Código da Amostra | Caudal de Óleo (L/h) | Caudal de Água (%) | Contrapressão nas Centrífugas (Kg/cm ²) | Temperatura do Óleo à Entrada das Centrífugas (°C) |
|-------------------|----------------------|--------------------|---|--|
| B | 22000 | W | P | T+4% |
| C | 22000 | W | P+25% | T |
| F | 22000 | W+25% | P | T+4% |
| H | 22000 | W+25% | P+25% | T+4% |

Destes quatro conjuntos de amostras, cujos valores de gordura adicionada à farinha foram inferiores e todos eles apresentam um teor de fósforo no OSF inferior à referência máxima interna da empresa. Para além de conhecer o teor de fósforo no OSF, é importante analisar o teor de fósforo que o óleo cru apresentava, antes de ser sujeito à etapa de desgomagem.

As amostras B e C apresentaram valores de teor de fósforo no OND de respetivamente, 484 e 481 ppm e as amostras F e G de respetivamente de 669 e 593 ppm. Na Tabela 3.8 encontram-se registados os resultados mais importantes nesta análise final.

Tabela 3.8 - Condições Operacionais e Respetivos Resultados de Teor de Fósforo no OND e OSF e Teor de Gordura de F.

| Código da Amostra | Caudal de Óleo (L/h) | Caudal de Água (%) | Contrapressão nas Centrífugas (Kg/cm ²) | Temperatura do Óleo à Entrada das Centrífugas (°C) | Teor de Gordura na F (%) | Teor de Fósforo no OND (ppm) | Teor de Fósforo no OSF (ppm) |
|-------------------|----------------------|--------------------|---|--|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| B | 22000 | W | P | T+4% | 1,05 | 484 | 175 |
| C | 22000 | W | P+25% | T | 1,52 | 481 | 172 |
| F | 22000 | W+25% | P | T+4% | 1,60 | 669 | 179 |
| H | 22000 | W+25% | P+25% | T+4% | 1,40 | 593 | 177 |

Podemos então concluir, segundo as gamas de valores estabelecidas, que estando na presença de um OND com baixo teor de fósforo, as condições processuais que a ser aplicadas, para a obtenção de bons resultados devem ser:

- Água adicionada (%): W

- Contrapressão nas Centrífugas (Kg/cm^2): P

- Temperatura do OND ($^{\circ}\text{C}$): $T+4\%$

Por outro lado, na presença de um OND com elevado teor de fósforo, as condições processuais devem ser definidas com os seguintes valores:

- Água adicionada (%): $W+25$

- Contrapressão nas Centrífugas (Kg/cm^2): $P+25\%$

- Temperatura do OND ($^{\circ}\text{C}$): $T+4\%$

As amostras C e F que também obtiveram um incremento de gordura inferior, tinham uma velocidade do extrator de respetivamente V_2 e V_4 rpm, o que aliado a outros fatores da preparação, levou um tempo de lavagens inferior e consequentemente menos eficientes, originando uma FE com um teor de gordura mais elevado. Desse modo, acabaram por apresentar um teor de gordura residual em F superior ao desejado, levando-nos a concluir que o caudal proveniente da unidade de preparação inserido no extrator foi superior ao que deveria originando uma extração menos eficiente.

Por outro lado, as amostras B e H, para além de terem as condições processuais de desgomagem ótimas e uma boa preparação, a velocidade do extrator foi em ambas inferior a V_2 originando um valor de gordura residual na farinha à saída do extrator mais baixo, levando assim a um teor de gordura residual final do objetivo predefinido.

Sendo assim, podemos concluir que para além dos parâmetros ótimos de desgomagem obtidos através deste estudo, o tempo de residência na extração também tem bastante influência.

3.4. Miscela

3.4.1 Teor de Óleo

Foram realizados quatro conjuntos de recolha de miscela, onde a velocidade do extrator foi respetivamente de V_1 , V_2 , V_3 e V_4 , sendo V_1 a velocidade mais baixa e V_4 a mais elevada. A velocidade do extrator diariamente ronda os 36-42 rpm, consoante o caudal de expandido e lâminas, proveniente da unidade de preparação.

Os resultados obtidos em relação teor de óleo na miscela, correspondentes às velocidades de V_2 , V_3 e V_4 , encontram-se registados e representados na Figura 3.22.

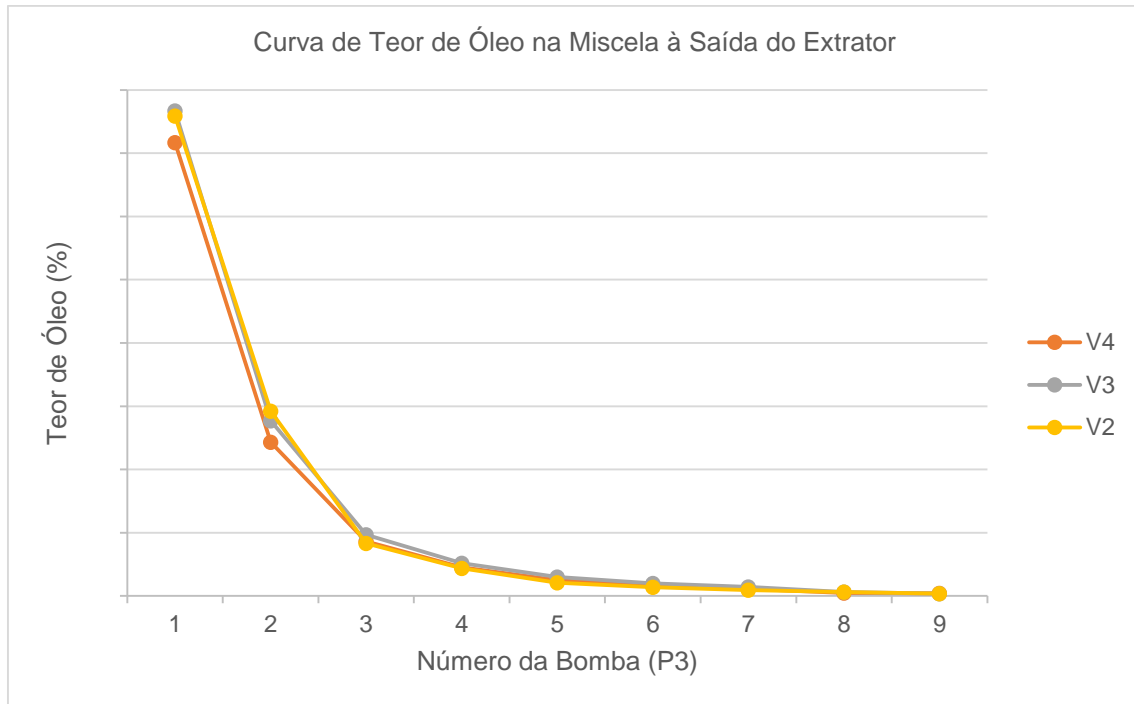


Figura 3.22 - Curva de Teor de Óleo Presente na Miscela à Saída de Cada uma das Bombas em Funcionamento do Extrator a uma Velocidade de V_2 , V_3 e V_4 (%).

Pela observação da Figura 3.22, verifica-se que estamos perante um perfil reacional expectável e que a grande extração feita por solvente, é levada a cabo no primeiro troço do tapete do extrator, ou seja, após a última lavagem com miscela [62]. A concentração de óleo na farinha vai diminuindo à medida que esta avança no extrator e na miscela aumenta à medida que avança na reação (sentido oposto ao da farinha) [63].

À saída da bomba P3/1, a miscela recolhida adquire o nome de *full* miscela ou miscela rica, e nas três recolhas o seu teor de óleo foi superior a 35 %. A tolva responsável pela recolha da *full* miscela é a última etapa antes da destilação.

Ainda observando os dados recolhidos, é possível afirmar que, quanto maior é a velocidade do extrator, menor é a concentração de óleo presente na *full* miscela. Tendo em conta que a velocidade do extrator é regulada principalmente com base no caudal de material vindo da unidade de preparação, os motivos da diminuição da concentração de óleo na *full* miscela podem ser o elevado defeito de preparação ou o tempo de retenção.

Em relação ao defeito de preparação, nas três recolhas ambos os *expanders* estavam em pleno funcionamento, o que significa que por hora foram em média produzidas 1400 ton/h de material expandido.

Em relação ao elevado tempo de retenção, tal como está na Equação 3.3, este pode ser consequência de um elevado tempo de contacto entre o solvente e a semente ou elevado tempo de drenagem.

$$Tempo_{retenção} = Tempo_{Contacto} + Tempo_{Drenagem}$$

Equação 3.3 - Cálculo do Tempo de Retenção.

O tempo de contacto deve ser suficiente de modo a que o hexano e o preparado tenham tempo suficiente para remover o máximo de óleo. O tempo de drenagem também deve ser relativamente curto de modo a não haver contaminação das tolvas com miscela pobre em miscela rica [62].

Segundo os resultados obtidos é possível concluir que a extração é mais eficaz utilizando um tempo de residência elevado para o caudal do regime de produção.

Olhando agora para Figura 3.23 que representa uma ampliação na curvatura do gráfico da bomba P3/6 à P3/9, é possível observar que na P3/6 a remoção já se encontra bastante avançada o que significa que a maior parte do óleo presente no preparado já foi retirada.

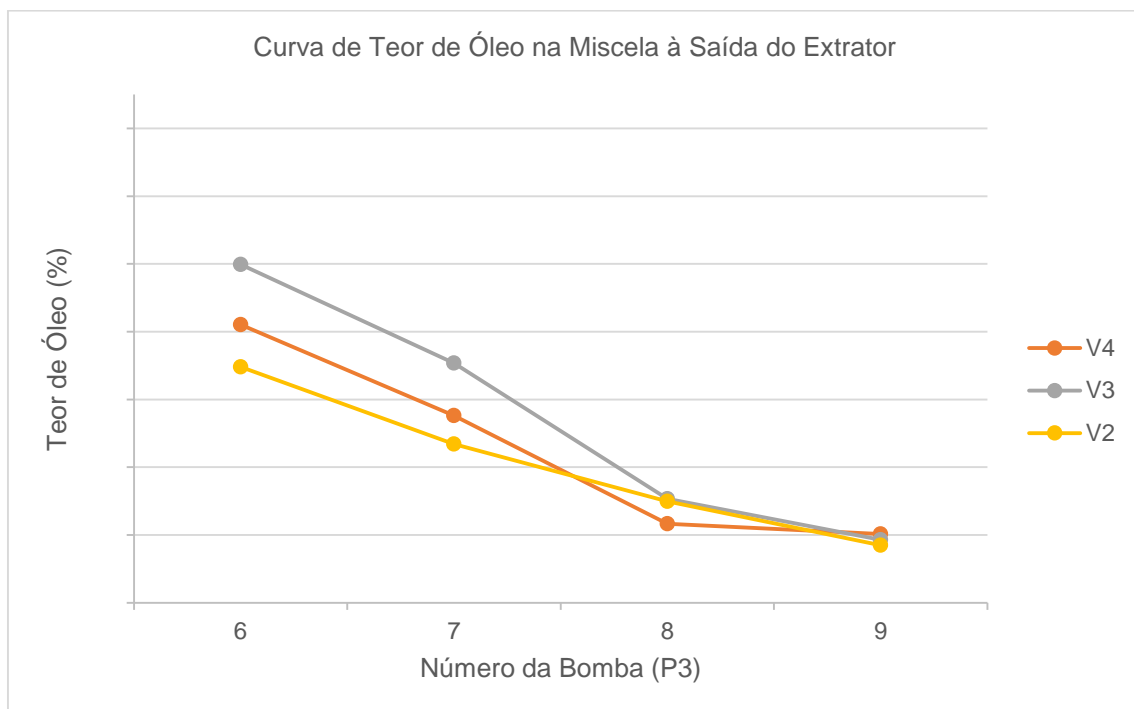


Figura 3.23 - Aumento da Curva de Teor de Óleo Presente na Miscela à Saída das Últimas Bombas Extrator (%).

Podemos observar os resultados obtidos ao calcular o teor de gordura da farinha à saída do extrator e tal como esperado o teor de gordura é inferior quando a velocidade do extrator também o é.

Para velocidades do extrator $V_3 - V_4$ o teor de gordura obtido na farinha final tal como o teor de óleo presente na miscela na P3/9 são bastante semelhantes mas caso a velocidade seja V_2 , a diferença para as restantes é de pelo menos 0,20%.

Perante os resultados apresentados, é possível concluir que perante defeitos de preparação iguais (2 *expanders* em funcionamento) velocidades de trabalho do extrator iguais ou inferiores a V_2 , favorecem a diminuição do teor de gordura residual na FE.

4. Conclusões

Neste trabalho, foi realizado um estudo sobre a etapa de desgomagem, localizada na unidade de extração da Fábrica II da Sovena *Oilseeds* S.A..

Foram estudados, diversos tipos de processos semelhantes bem como o funcionamento da própria unidade de extração, o que constituiu um ponto de partida para o estabelecimento de parâmetros processuais associados ao desempenho da etapa, com o objetivo de desenvolver experiências na unidade fabril, de modo a identificar e se possível otimizar, as características finais do óleo e farinha de soja.

O caudal de água adicionado, a contrapressão aplicada nas centrífugas e a temperatura com que o óleo não desgomado é alimentado às centrífugas, foram os parâmetros identificados na etapa de desgomagem da Fábrica II, como sendo variáveis de elevada influência e por este motivo foram estes os estudados. Tal como nos resultados obtidos, também na literatura estes parâmetros são referidos como fatores que têm implicações na etapa acima referida.

Após o estudo dos dados recolhidos e em conjunto com os resultados das análises obtidos, podemos afirmar que, a título individual, nenhum dos parâmetros processuais tem influência direta nas características dos produtos finais. Conclui-se então, que não é suficiente atribuir condições ótimas de processo olhando só para os resultados obtidos com a mesma temperatura, a mesma contrapressão e mesmo caudal de água adicionado, mas sim relacionando os três parâmetros no seu todo.

Dos resultados obtidos sugere-se que deve ser feita uma análise ao teor de fósforo no óleo não desgomado, pelo menos sempre que a origem da semente se altere de modo a ajustar as condições da etapa de desgomagem para as consideradas ótimas no processo.

Podemos então concluir, que estando na presença de um OND com baixo teor de fósforo, as condições processuais a ser aplicadas, para a obtenção de bons resultados devem ser: W do caudal de óleo, em água, P de contrapressão aplicada nas centrífugas e uma temperatura de operação de desgomagem igual a $T+4\%$.

Por outro lado, se estivermos na presença de um OND com um teor de fósforo elevado, as condições processuais a serem aplicadas na etapa de desgomagem devem ser: $W+25\%$ de caudal de água adicionado, $P+25\%$ de contrapressão aplicada nas centrífugas e uma temperatura de operação de desgomagem $T+\%$.

Relativamente à velocidade do extrator, apesar de não ter sido um parâmetro previamente definido, foi identificado como importante antes da recolha. Devido ao seu grande contributo no resultado final do teor residual de gordura à saída de fábrica, quando o defeito de preparação é constante, foi possível estabelecer também um valor ótimo de velocidade de extrator igual ou inferior a V_2 .

De modo a existir uma leitura correta das condições processuais, sugere-se:

- Proceder à manutenção de alguns instrumentos na unidade de extração da Fábrica II nomeadamente, o indicador de caudal de óleo à entrada de ambas as centrífugas e o termómetro localizado à saída do misturador 503 que são fundamentais para o controlo do processo.

Para recorrer à implementação das condições processuais ótimas sugere-se:

- Existir uma manutenção no permutador de calor responsável pelo ajuste de temperatura do óleo não desgomado, e estudo da hipótese de instalação de um novo permutador ou a troca do existente por um novo.

Deve ainda ser considerada a melhoria da linha de alimentação às centrífugas de desgomagem de forma a manter equilibrada a distribuição do caudal pelas centrífugas existentes. É necessário também recorrer à manutenção da válvula, localizada no local de recolha de óleo desgomado, na centrífuga 518/1, uma vez que esta não se encontra com o acessório de manuseamento colocado.

5. Sugestões de Estudos Futuros

Após a conclusão do trabalho desenvolvido na presente dissertação, são sugeridos os seguintes estudos, de modo a complementar e acrescentar novas informações, para uma futura otimização do processo de Extração da Fábrica II na Sovena.

- Viabilidade económica de implementação de um 3º *expander* na unidade de preparação com o intuito de reduzir/eliminar o defeito de preparação;
- Instalação de um 2º permutador de calor com o objetivo de facilitar a diminuição da temperatura do óleo não desgomado, antes da etapa de desgomagem;
- Estudo da aplicabilidade das condições ótimas de processo, encontradas no final desta dissertação, para sementes de origem não brasileira.

6. Referências Bibliográficas

- [1] "Sovena Group" - *Oilseeds*
 [Online] Available: <http://www.sovenagroup.com/pt/oilseeds/portugal/area> [Acedido em 22-02-2015]
- [2] Sovena *Oilseeds* Portugal S.A. (2010), Manual da Qualidade MQ/10, Sistema de Gestão da Qualidade
- [3] "Mota. J"
 [Online] Available: http://barcos-navios.blogspot.pt/2015_05_01_archive.html [Acedido em 11-08-2015]
- [4] Sovena *Oilseeds* Portugal S.A., Resumo dos Processos das Fábricas I, II e III
- [5] "Securitas"
 [Online] Available: <http://www.securitas.com/pt/pt/Segmentos/Industria/Sovena/> [Acedido em 11-08-2015]
- [6] Sovena *Oilseeds* Portugal S.A. (2008), FLX. EXT. 02/04, Fluxograma Fábrica de Óleo e Farinha de Soja
- [7] "Desmet Ballestra" - *Science Behind Technology LM Extractor*
 [Online] Available: <http://www.desmetballestra.com/oils-fats-oleochemicals/extraction/solvent-extraction/lm> [Acedido em 27-07-2015]
- [8] "ChinA-ogpe™"
 [Online] Available: http://www.china-ogpe.com/showroom/5415/html/product_Disc_Stack_Centrifuge_for_Oil_and_Fat_Separation_1_43160.html [Acedido em 27-07-2015]
- [9] "Crown Asia Engineering (Wuhan) Co., Ltd"
 [Online] Available <http://www.crownironasia.com/Sections.asp?ID=40> [Acedido em 27-07-2015]
- [10] Gupta, M (2008), *Practical Guide to Vegetable Oil Processing*, AOCS Press (1-45)
- [11] Eshraty, P., Sarrafzadeh, M., Fatemi, H., Ghavami, M., Gholipour-Zanjani, N. (2008), *Enhanced Degumming of Soyabean Oil and its Influences on Degummed Oil and Lecithin*, *Iranian Journal of Chemical Engineering*
- [12] Al-Kahtani, H., Hanna, M., Handel, A., (1984), *Effect of Water Quality on Degumming and Stability of Soybean Oil*, *Journal of the American Oil Chemists' Society*
- [13] Alfa Laval (2010), *Alfa Laval Degumming and Neutralization Solutions* (8-14)
- [14] Logan, A., IUPAC-AOCS Workshop on Fats, Oils and Oilseeds Analysis and Production, *Alfa Laval Degumming and Centrifuge Selection, Optimization and Maintenance* (1-40)
- [15] Ribeiro, A., Soares, M., Moura, J., Céceres, M., Gonçalves, L. (2005), Aplicações da Tecnologia de Membranas no Processo de Óleos Vegetais, B.CEPPA (9-11)
- [16] Norman, A. (1978), *Soybean Physiology, Agronomy, and Utilization*, Academic Press, Inc London LTD. (1-112)
- [17] Vasconcelos, I., Campello, C., Oliveira, J., Carvalho, A., Souza, D., Maia, F. (2006), Brazilian Soybean Glycine max (L.) Merr. Cultivars Adapted to Low Latitude Regions: Seed Composition and Content of Bioactive Proteins, *Brazilian Journal of Botany*
- [18] "U.S. Soybean Export Council"
 [Online] Available: <http://ussec.org/about-ussec/staff-directory/> [Acedido em 12-08-2015]

- [19] Ohyama, T., Minagawa, R., Ishikawa, S., Yamamoto, M., Hung, N., Ohtake, N., Sueyoshi, K., Sato, T., Nagumo, Y., Takahashi, Y. (2013), *Soybean Seed Production and Nitrogen Nutrition, A Comprehensive Survey of International Soybean Research – Genetics, Physiology, Agronomy and Nitrogen Relationships*
- [20] “123RF”
- [Online] Available: http://www.123rf.com/photo_8479959_close-up-of-the-soy-bean-plant-in-the-field.html [Acedido em 28-07-2015]
- [21] A Arte de Extrair Óleo de Sementes Oleaginosas (2-4)
- [22] “United States Department of Agriculture Economic Research Service”
- [Online] Available: <http://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade> [Acedido em 28-07-2015]
- [23] Singh, G. (2010), *The Botany, roduction and Uses*, CAB International (1-19)
- [24] United States Department of Agriculture Economic Research Service (2007), Circular Series FOP 12-07, *Oilseeds: World Markets and Trade*, (9-39)
- [25] United States Department of Agriculture Economic Research Service (2015), *Oilseeds: World Markets and Trade*, (9-39)
- [26] “The Statistics Portal” – Major Soybean Producing Countries Worldwide in 2013
- [Online] Available: <http://www.statista.com/statistics/267270/production-of-soybeans-by-countries-since-2008/> [Acedido em 27-07-2015]
- [27] “Embrapa” – Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil
- [Online] Available <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm> [Acedido em 30-07-2015]
- [28] “Asociación de la Cadena de la Soja Argentina” – Historia Del Cultivo
- [Online] Available <http://www.acsoja.org.ar/contenido.asp?cid=640> [Acedido em 30-07-2015]
- [29] Salomão, R. (2015), Colheita de Soja na Argentina chega a 32,5% da área, Globorural
- [30] Riaz, M. (2006), Soybean Production and Utilization for Food, Soy Applications in Food (4-5)
- [31] “Casa das Ciências” – Triglicerídeos
- [Online] Available <http://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Triglicer%C3%ADdeos> [Acedido em 10-08-2015]
- [32] Sovena *Oilseeds* Portugal S.A., Desgomagem Sovena
- [33] Szuhaj, B. (1983), Lecithin Production and Utilization, Journal of the American Oil Chemists’ Society (306-309)
- [34] Oliveira, S., Alves, S., Carvalho, R. (2012), Study of Degumming and Neutralization Units (1-70)
- [35] “Soyinfo Center” – History of Soy Lecithin
- [Online] Available <http://www.soyinfocenter.com/HSS/lecithin1.php> [Acedido em 17-08-2015]
- [36] Sovena *Oilseeds* Portugal S.A. (2013), IA. 30/01 Humidade – Titulador Karl-Fisher
- [37] Sovena *Oilseeds* Portugal S.A. (2014), IA. 28/03 Determinação do Teor de Fósforo, Sódio, Potássio, Cálcio e Magnésio em Óleos Crus, Refinados, Pré-tratados e Biodiesel por ICP
- [38] Sovena *Oilseeds* Portugal S.A. (2013), IA. 23/02 Determinação da Humidade e Gordura na Lecitina (Saída das Centrífugas)

- [39] AOCS (2009), Official Method Ca 2a-45 – Moisture Distillation Method
- [40] Sovena *Oilseeds* Portugal S.A. (2013), IA. 57/02 Humidade de Sementes, Bagaços e Cascas
- [41] Sovena *Oilseeds* Portugal S.A. (2012), IT. GS. 02/04 Determinação da Humidade pela Balança de Humidades
- [42] Sovena *Oilseeds* Portugal S.A. (2013), IA. 51/02 Determinação do Teor de Óleo nas Farinhas, Pastas e Produtos Afins
- [43] Sovena *Oilseeds* Portugal S.A. (2013), IA. 16/02 Determinação do Teor de Matérias Voláteis em Óleos
- [44] Sovena *Oilseeds* Portugal S.A. (2013), PCP. EXT. 06/02 Plano de Controlo da Produção de Extração de Soja
- [45] Diez, R. (1994), Superdesgomado de Aceites Crudos – Presentado durante el desarrollo de las VI Jornadas Técnicas sobre Procesamiento de Grasas y Aceites Vegetables, Libro de Oro de A&G – 10º Aniversario (II-VI)
- [46] Autino, H. (2010), Fundamentos da Extração por Solvente, Bunge Argentina S.A.
- [47] Kemper, T. (2005), Oil Extraction, Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Vol. 6